

N° D'ORDRE
59

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE D'INGÉNIEUR-DOCTEUR

PAR

Louis LAPAYRE

1^{re} THÈSE : Le Climat de Djibouti

2^e THÈSE : Propositions données par la Faculté

11 JUIL. 1939

Soutenues en Juillet 1939 devant la Commission d'examen

MM. MAURAIN, *Président.*

LABROUSTE, *Examineur.*

GRASSE, *Examineur.*

AIX-LES-BAINS

IMPRIMERIES DE L'AVENIR, rue Lamartine

—
1939

THÈSES

DE LA FACULTÉ DES SCIENCES

DE L'UNIVERSITÉ DE DJIBOUTI

AN 1980

LE DOCTEUR EN SCIENCES

LOUIS A. A. A.

LE CLIMAT DE DJIBOUTI

DE LA FACULTÉ DES SCIENCES

DE L'UNIVERSITÉ DE DJIBOUTI

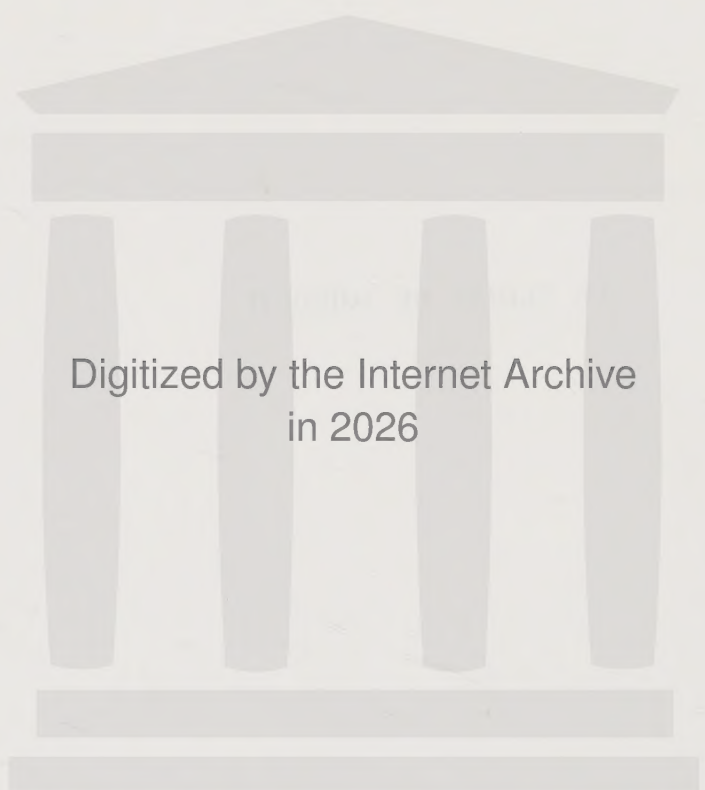
AN 1980

LE DOCTEUR EN SCIENCES

LOUIS A. A. A.

AN 1980

DE LA FACULTÉ DES SCIENCES



Digitized by the Internet Archive
in 2026

N° D'ORDRE

59

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES

DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE D'INGÉNIEUR-DOCTEUR

PAR

Louis LAPAYRE

1^{re} THÈSE : Le Climat de Djibouti

2^e THÈSE : Propositions données par la Faculté

Soutenues en Juillet 1939 devant la Commission d'examen

MM. MAURAIN, *Président.*

LABROUSTE, *Examineur.*

GRASSE, *Examineur.*

AIX-LES-BAINS

IMPRIMERIES DE L'AVENIR, rue Lamartine

1939

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen M. MOLLIARD.

Doyen honoraire C. MAURAIN, *Professeur*, Physique du Globe.

Professeurs honoraires



H. LEBESGUE.
Emile PICARD.
Léon BRILLOUIN.
GUILLET.
PÉCHARD.
FREUNDLER.
AUGER.

DANGEARD.
LESPIEAU.
MARCHIS.
VESSIOT.
PORTIER.
MOLLIARD.
LAPICQUE.
G. BERTRAND.

ABRAHAM.
Ch. FABRY.
Léon BERTRAND.
WINTREBERT.
DUBOSCQ.
BOHN.
RABAUD.

PROFESSEURS

M. CAULLERY I Zoologie (Evolution des êtres organisés).
Emile BOREL .. I Calcul des probabilités et Physique mathématique.
Jean PERRIN ... I Chimie physique.
E. CARTAN I Géométrie supérieure.
A. COTTON I Recherches physiques.
J. DRACH I Analyse supérieure et Algèbre supérieure.
Charles PÉREZ.. I Zoologie.
M. GUICHARD .. I Analyse et mesures chimiques.
Paul MONTEL .. I Théorie des fonctions et Théorie des transformations.
L. BLARINGHEM . I Botanique.
G. JULIA I Mécanique analytique et Mécanique céleste.
C. MAUGUIN I Minéralogie.
A. MICHEL-LÉVY. I Pétrographie.
N. Mécanique expérimentale des fluides.
A. DENJOY I Application de l'analyse à la Géométrie.
L. LUTAUD I Géographie physique et Géologie dynamique.
Eugène BLOCH.. I Physique.
G. BRUHAT I Physique théorique et physique céleste.
E. DARMOIS I Enseignement de Physique
A. DEBIERNE ... I Physique Générale et Radioactivité.
A. DUFOUR I Physique (P. C. B.).
L. DUNOYER I Optique appliquée.
A. GUILLIERMOND I Botanique.
M. JAVILLIER ... I Chimie biologique.
ROBERT-LÉVY .. I Physiologie comparée.
F. PICARD Zoologie (Evolution des êtres organisés).
Henri VILLAT .. I Mécanique des fluides et applications.
Ch. JACOB I Géologie.
P. PASCAL I Chimie générale.
M. FRÉCHET ... I Calcul différentiel et Calcul intégral.
E. ESCLANGON .. I Astronomie.
M^{me} RAMART-LUCAS I Chimie organique.

H. BÉGHIN I Mécanique physique expérimentale.
FOCH Mécanique expérimentale des fluides.
PAUTHENIER Physique (P. C. B.).
De BROGLIE I Théories physiques.
CHRÉTIEN Optique appliquée.
P. JOB Chimie générale.
LABROUSTE Physique du Globe.
PRENANT I Anatomie et Histologie comparées.
VILLEY Mécanique physique expérimentale.
COMBES I Physiologie végétale.
GARNIER I Mathématiques générales.
PÈRES Mécanique théorique des fluides.
HACKSPILL I Chimie minérale.
LAUGIER I Physiologie générale.
TOUSSAINT Technique Aéronautique.
M. CURIE Physique (P. C. B.).
G. RIBAUD I Hautes températures.
CHAZY I Mécanique rationnelle.
GAULT Chimie (P. C. B.).
CROZE Recherches physiques.
DUPONT I Théories chimiques.
LANQUINE I Géologie structurale
Géologie appliquée.
VALIRON Mathématiques générales.
BARRABÉ Géologie structurale
Géologie appliquée.
MILLOT Biologie animale (P. C. B.).
F. PERRIN Théories physiques.
VAVON Chimie organique.
G. DARMOIS Calcul des probabilités
Physique-Mathématique.
CHATTON I Biologie maritime.
AUBEL Chimie biologique.
J. BOURCART ... Géographie physique
Géologie dynamique.
M^{me} JOLIOT-CURIE Physique générale et Radioactivité.
PLANTEFOL Biologie végétale (P. C. B.).
CABANNES Enseignement de Physique.
GRASSÉ Biologie animale (P. C. B.).
PREVOST Chimie (P. C. B.).
BOULIGAND Mathématiques.
CHAUDRON Chimie (P. C. B.).

Secrétaire A. PACAUD.

Secrétaire honoraire D. TOMBECK.

A MA FEMME

Les recherches qui font le sujet de cette thèse ont été effectuées à Djibouti, alors que j'étais météorologiste de la Colonie.

C'est un devoir pour moi d'exprimer ici toute ma reconnaissance à M. le Doyen MAURAIN pour l'intérêt bienveillant qu'il a bien voulu porter à ce travail.

Je remercie également M. le Professeur LABROUSTE, dont les critiques éclairées m'ont suggéré certaines modifications dans l'exposé de ces recherches.

M. BRAZIER, directeur de l'observatoire du Parc Saint-Maur, m'a donné de nombreux conseils et a vérifié les appareils actinométriques que j'avais utilisés; je l'en remercie bien vivement.

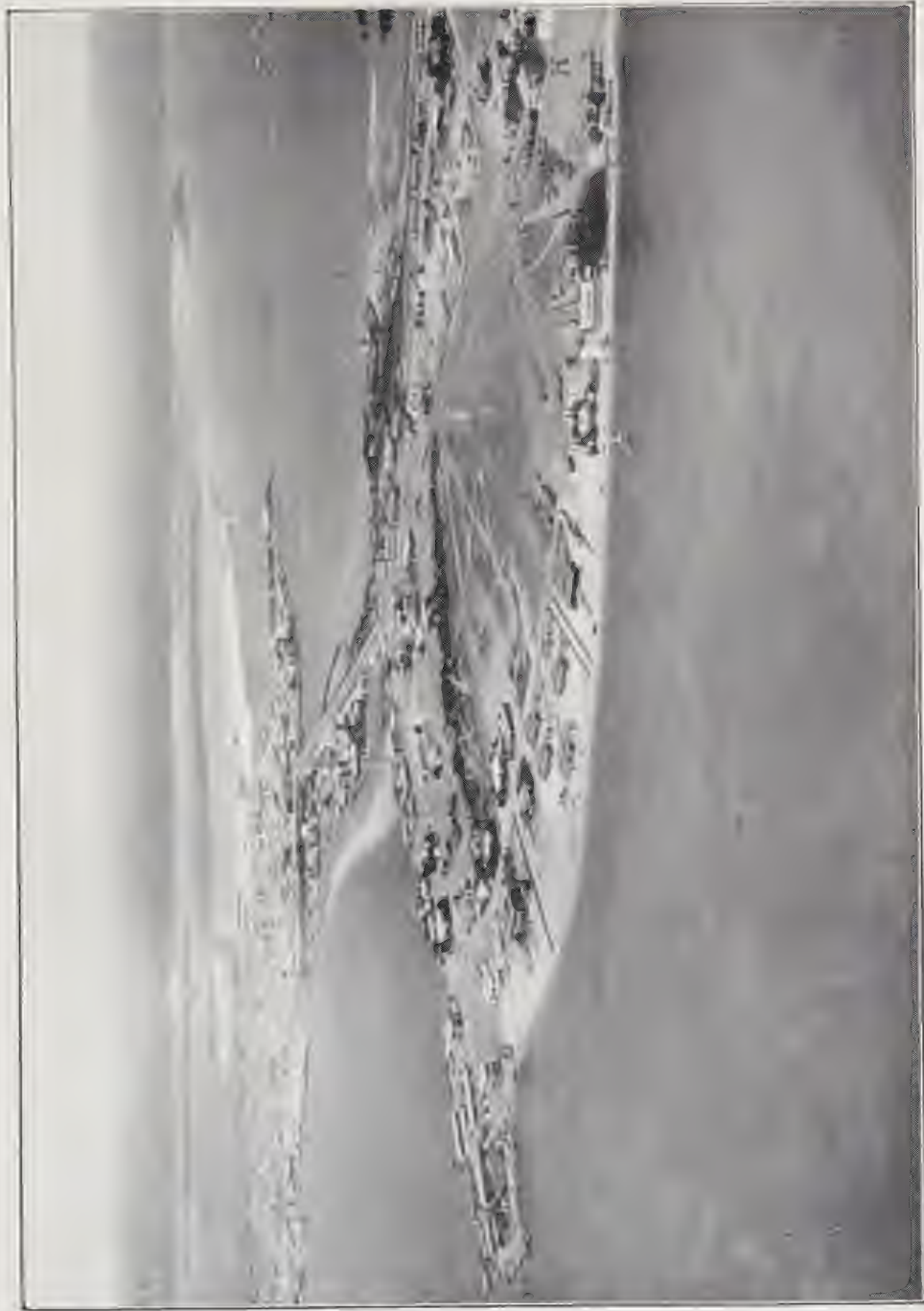
J'exprime ma gratitude à M. le Gouverneur Général DE COPPET, qui a bien bien voulu m'accorder les crédits nécessaires pour édifier la station météorologique de Djibouti et la munir des instruments qui ont permis cette étude.

Enfin, je remercie le Capitaine BILBAULT, commandant de l'Air à la Côte Française des Somalis, qui a mis constamment à ma disposition un avion de la formation aérienne pour les sondages et les mesures actinométriques en altitude.

Une généreuse subvention de M. le Gouverneur Hubert DESCHAMPS — que je prie de trouver ici l'expression de ma reconnaissance — a couvert une partie des frais d'impression de ce travail.



L'Observatoire de Djibouti



DJIBOUTI (vue prise en avion)

LE CLIMAT DE DJIBOUTI

Introduction

Le climat de Djibouti, jusqu'à ce jour, est resté assez mal défini. Il n'a fait l'objet d'aucune étude précise. Tous ceux qui en parlent, à de rares exceptions, se fient bien plus à des impressions personnelles qu'à des données objectives.

En raison de son rôle d'escale sur l'Océan Indien, sa réputation dépend surtout de l'humeur des passagers et de l'époque de leur voyage. Qui ne séjourne que quelques heures dans cette ville en plein juillet juge son climat infernal; qui, au contraire, est assez heureux pour y toucher en janvier le trouve d'une fraîcheur agréable. Le contraste est trop apparent pour n'être pas réel, cependant il ne donne, comme nous le verrons, qu'une idée vague et grossière de la réalité.

Même les ouvrages qui traitent de la Côte Française des Somalis obéissent plus ou moins consciemment à des impressions de ce genre. Certains auteurs ne vont-ils pas jusqu'à classer Djibouti dans les pays chauds et secs ? Si le premier qualificatif est parfaitement approprié, le deuxième ne l'est pas. Qu'on veuille bien exa-

miner la position géographique de la ville, assise à l'extrémité d'un promontoire entouré d'eau de tous côtés, pénétrée même de vastes nappes d'eau et l'on reconnaîtra que l'atmosphère ne peut y être réellement sèche ni par grand vent, ni par temps calme.

Cette simple remarque fait ressortir combien il pouvait être utile de recourir à des observations précises pour déterminer d'une manière scientifique les éléments divers qui composent ce que l'on peut appeler le climat de Djibouti.

.
.

Pour définir ce climat, nous avons utilisé toutes les observations météorologiques qui ont été faites, à Djibouti, de 1900 à 1933, par le Service de Santé, et de 1934 au 31 décembre 1938 par nous même.

Les premières ont été rigoureusement vérifiées, quelques valeurs incertaines ont été rejetées; nous avons conservé les seuls résultats plausibles et précis. C'est ainsi que des feuilles d'observations mentionnaient, pour le 31 décembre 1916, une chute de pluie de 300 mm.; à ce régime, Djibouti eût disparu sous les eaux; évidemment, il s'agissait de 30 mm. Pour d'autres époques, les observations portées dans la colonne pluie des résumés mensuels indiquaient des cm. 3 et non des millimètres, nous les avons transformées et réduites en millimètres.

Par contre, bien que la température des années 1905, 1906 et 1907 paraisse anormale, nous avons cependant conservé les chiffres indiqués. Deux observateurs se sont succédés pendant cette période, l'un resta en fonction de 1904 à 1906, l'autre de 1907 à 1909; or les années

1904, 1908 et 1909 étant normales, il n'y a aucune raison pour que les mêmes observateurs n'aient pas accompli sérieusement leur travail en 1905, 1906 et 1907. D'ailleurs, les relevés des éléments autres que la température ne présentent, pour cette même période, aucune anomalie.

*
* *

La première série d'observations (1900-1933) a été faite à l'hôpital de Djibouti, au plateau du Serpent, au nord de la principale agglomération urbaine. La deuxième série (1934-1938) a été faite à l'observatoire officiel au même plateau du Serpent, à trois cent mètres environ au sud-est de l'hôpital.

La situation géographique de l'observatoire de Djibouti est ainsi définie :

Longitude : $43^{\circ} 02' 23''$ E.

Latitude : $11^{\circ} 33' 10''$ N.

Altitude : 7 mètres.

La situation topographique est clairement indiquée par la photo n° 1 qui montre également la proximité de l'observatoire actuel O. et de l'hôpital H.

L'altitude, l'orientation de l'abri, la nature du sol sont semblables pour les deux stations. A priori donc, il ne semblait pas que les résultats puissent différer les uns des autres. Cependant, pour plus de sûreté, nous avons continué pendant quelques mois à relever simultanément, dans les deux stations, les données des appareils. Les chiffres étant exactement semblables, par conséquent, nous pouvions considérer comme continue la série des observations faites de 1900 à 1938, période nettement

suffisante pour établir les valeurs des éléments du climat de Djibouti.

*
* * *

Les moyennes de l'humidité, des vents en altitude, de l'insolation, de l'évaporation et de la nébulosité ne portent que sur les années 1934 à 1938, mais comme les variations de ces phénomènes sont régulières, les valeurs obtenues pendant ces cinq années d'observations peuvent être considérées comme définitives, sauf variations de très grandes amplitudes (plusieurs années).

CHAPITRE PREMIER

La Température

Les renseignements relatifs à la température sont réunis dans les tableaux I à V.

*
..

Le tableau I renferme les températures moyennes annuelles depuis 1900. Nous avons adopté comme définition de la température moyenne la demi-somme des températures minima et maxima de la journée. A titre de comparaison, nous avons calculé, pour l'année 1938, la moyenne intégrale de la température, d'après les courbes du thermomètre enregistreur. Le tableau II expose les résultats et les compare à ceux qui furent obtenus par la méthode précédente.

On constate, entre les moyennes intégrales et les moyennes calculées, un écart notable qui se traduit en fin d'année par une différence de $+ 1^{\circ} 1$ en faveur de

la moyenne calculée. L'écart est particulièrement sensible pendant la saison torride, alors que la courbe des températures présente un maximum en pointe de courte durée, mais qui augmente sensiblement la moyenne calculée. Dans nos tableaux, nous conserverons cependant cette dernière, car les observations de la première série ont été faites exclusivement au moyen de thermomètres à maxima et à minima.

Ce mode de détermination de la température moyenne étant généralement le plus répandu, il permettra des comparaisons avec les stations voisines ou situées sur la même latitude.

Moyenne annuelle

La moyenne annuelle de $29^{\circ} 7$, établie à la fin d'une longue série d'observations, paraît à peu près constante; il y a cependant des périodes d'années froides et des périodes d'années chaudes : ainsi la moyenne des années 1903, 1904 et 1905 n'est que de $29^{\circ} 0$ et celle des années 1907, 1908 et 1909 atteint $30^{\circ} 3$. Mais, si l'on considère les groupes de dix années consécutives, la moyenne annuelle apparaît quasi invariable :

1900 à 1909 : moyenne $29^{\circ} 7$

1910 à 1919 : moyenne $29^{\circ} 8$

1920 à 1929 : moyenne $29^{\circ} 4$

1930 à 1938 : moyenne $29^{\circ} 8$

La moyenne de 1920 à 1929 est surtout abaissée par le groupe des trois années froides, 1920, 1921 et 1922, dont la moyenne n'est que de $29^{\circ} 3$.

D'après Hann (Lerbuch der météorologie) la tempé-

rature moyenne annuelle, pour une station situé à 11° de latitude nord, serait de $26^{\circ} 8$; l'anomalie pour Djibouti serait donc de $+ 2^{\circ} 9$.

Maxima et Minima

Le tableau III contient les minima et les maxima absolus de chaque hiver et de chaque été, avec leurs dates, depuis 1900.

On voit, sur ce tableau, qu'en hiver le thermomètre ne descend en moyenne qu'à $20^{\circ} 5$ et qu'en été il s'élève en moyenne à $43^{\circ} 1$. Cependant, certaines saisons exceptionnelles présentent des extrêmes de température dépassant, surtout pour les maxima, de beaucoup ces moyennes. C'est ainsi que la température la plus basse enregistrée à Djibouti a été $18^{\circ} 4$ le 24 novembre 1912, avec un écart de $- 2^{\circ} 1$ avec la moyenne des minima, tandis que la température la plus élevée ($49^{\circ} 5$) fut atteinte le 24 juillet 1934 avec un écart de $6^{\circ} 4$ sur la moyenne des maxima.

Le tableau IV expose les moyennes mensuelles de la température et les écarts, par mois, des minima et des maxima moyens. C'est en juillet que la température moyenne atteint son maximum ($34^{\circ} 9$) et en janvier son minimum ($25^{\circ} 5$). La différence entre ce mois et les mois de décembre et de février est d'ailleurs très faible ($0^{\circ} 3$ et $0^{\circ} 4$).

* * *

Les écarts entre les maxima et les minima moyens (tableau IV) varient de $4^{\circ} 4$ en février à $9^{\circ} 2$ en juillet, pour une moyenne annuelle de $7^{\circ} 1$, valeur faible, expli-

cable par la proximité de la mer qui exerce pleinement son action de régularisation de la température.

Les écarts entre le maximum du jour et le minimum des nuits suivante ou précédente dépassent rarement 12°. Les écarts anormaux au cours de la journée sont généralement occasionnés par des renversements brusques du vent, particulièrement en mai et en septembre (passage du Khamsin à la mousson); ils peuvent atteindre 10°, surtout s'ils se produisent au milieu de la journée.

* * *

Le tableau V indique pour chaque mois et pour chaque année le nombre de jours où la température a atteint ou dépassé 40°.

Les étés les plus chauds ont été ceux de 1914, avec 75 jours, au cours desquels la température a atteint ou dépassé 40°, dont 18 jours consécutifs;

1915, avec 64 jours, dont 19 jours consécutifs;

1935, avec 65 jours, dont 18 jours consécutifs;

1937, avec 58 jours, dont 17 jours consécutifs;

1938, avec 54 jours, dont 16 jours consécutifs.

C'est en juillet que les maxima atteignent ou dépassent le plus fréquemment 40° avec une moyenne de 13,3 jours pour 31 jours, soit 43 %.

En examinant le tableau IV, on constate que l'on s'abaisse un peu plus vite des grandes chaleurs de l'été aux températures modérées de l'hiver que l'on ne remonte de l'hiver aux chaleurs de l'été suivant.

Observations en altitude

Depuis mars 1938, grâce à l'aide précieuse que nous a prêtée la formation aérienne de la Côte Française des Somalis, nous avons pu effectuer, au-dessus de Djibouti, une quarantaine de sondages de température et d'humidité.

L'appareil employé est un barothermographe de Richard, type n° 10.827 du catalogue. Les styles y ont une course uniforme de 60 mm. pour chacun des trois enregistrements : a) pression (altitude 5.000 m.); b) température de 0 à 60°; c) humidité de 0 à 100 %.

Pour la commodité des mesures et afin d'éviter le chevauchement des graphiques, l'aiguille de l'hygromètre a été déplacée de — 15 % et celle du thermomètre de — 15° (chiffres vérifiés avant et après chaque sondage). Le mouvement d'horlogerie imprime au cylindre enregistreur un déplacement d'environ 7mm. pour 15 minutes. L'appareil est placé dans une petite caisse à parois minces percées de nombreux trous. Cette caissette est fixée sur la paroi droite de la carlingue, à portée de la main du passager. La partie sensible du thermomètre est parfaitement abritée du rayonnement solaire direct; le faisceau de cheveux est également soustrait à l'action du vent, qui, par pression, pourrait modifier considérablement les résultats. La faible inertie de l'appareil permet, tant à la montée qu'à la descente, l'équilibre des récepteurs et des masses atmosphériques traversées.

Le dispositif, ci-dessus décrit, permet à l'observateur de placer l'appareil dans son logement après le décollage de l'avion, afin d'éviter les secousses du départ qui risqueraient de dérégler les enregistreurs. Généralement,

l'instrument est mis en place dès que l'avion a atteint l'altitude de 100 mètres; à ce moment, le pilote réduit le régime du moteur et il est très facile d'insérer le barothermohygrographe dans sa boîte. Pour la même raison, l'opération inverse est pratiquée avant l'atterrissage. Les récepteurs sont comparés, avant et après l'expérience, avec un thermomètre et un hygromètre étalonnés, cette vérification ne nous a jamais conduit à corriger les résultats.

L'avion décrivant au-dessus de l'observatoire où se trouvent les instruments de comparaison, une hélice dont le diamètre ne dépasse pas 5 km., on peut admettre que les observations sont faites à la verticale.

L'altitude atteinte varie entre 5.000 et 5.500 mètres, plafond du Potez T. O. E. Des comparaisons sont faites avec l'altimètre étalon de l'avion.

L'intérêt de cette méthode réside dans la possibilité d'éviter les masses nuageuses qui peuvent fausser les résultats. Il serait d'ailleurs impossible d'utiliser le ballon libre à Djibouti en raison de la perte quasi certaine des appareils. D'autre part, le radiosonde est encore trop onéreux pour multiplier les expériences.

* * *

Les sondages effectués le matin de 7 heures à 9 heures, pendant la période d'avril 1938 à mars 1939, nous ont permis les constatations suivantes :

1° Une augmentation de température du sol jusqu'à

une altitude variant entre 300 et 500 mètres. Cet accroissement de température est très sensible pendant la saison torride et peut aller jusqu'à 5° (mai et juin). Il est beaucoup plus faible au cours de la saison tempérée et généralement même inexistant.

Le sol du terrain d'aviation, étant très sablonneux, se refroidit rapidement au cours de la nuit; l'atmosphère étant calme, les couches d'air très basses subissent également et par contact ce refroidissement qui ne se produit pas dans les couches plus élevées; la température va d'abord en augmentant avec l'altitude, puis, l'influence du sol ne se faisant plus sentir, la température décroît à mesure que l'on s'élève. Cette inversion de température n'est pas sensible si l'atmosphère est agitée; en effet, les couches d'air sont fortement brassées et la température tend à s'égaliser.

Les autres inversions de température sont très rares, de peu d'importance et ne se produisent que par suite d'un changement brusque de direction des masses d'air.

2° Le décroissement est plus rapide en saison torride qu'en saison tempérée : il est de $0^{\circ} 7$ pour 100 mètres en juin-juillet, alors qu'il n'est plus que de $0^{\circ} 4$ en décembre-janvier, la moyenne annuelle étant de $0^{\circ} 6$.

En juin-juillet, l'isotherme 0 se situe entre 4.000 et 4.500 mètres, en septembre il atteint 5.000 mètres, altitude qu'il dépasse nettement en saison tempérée.

Remarque

En examinant les variations annuelles de la température et particulièrement les graphiques des enregis-

treurs, nous avons constaté que les étés sont généralement d'autant plus chauds qu'ils sont plus tardifs; par contre, si les premières chaleurs apparaissent dès le mois d'avril, la température ne s'élève que lentement jusqu'en juillet et les maxima sont alors inférieurs à la moyenne.

La Pression atmosphérique

Le tableau VI donne les moyennes mensuelles des minima et des maxima de la pression, le matin et le soir. La pression est réduite à zéro degré et au niveau de la mer.

La moyenne annuelle est de 1008,5 millibars avec le maximum en novembre (1014,0) et le minimum en juillet (1000,8).

La dernière colonne montre que c'est en juillet que la pression varie le plus et en novembre le moins.

Si l'on compare ces chiffres à ceux des cartes isobariques du globe (Angot, Traité de météorologie page 99 et suivantes - De Martonne, Traité de géographie physique, pages 153 et suivantes), on constate une anomalie de 5,8 millibars en juillet. Cette anomalie rapprochée de celle que nous avons déjà signalée pour la température vérifie la loi suivante : toute région qui présente un maximum de température, par rapport aux régions voisines, présente un minimum de pression.

Variation diurne de la pression

Sans être forte, la marée barométrique est très nettement marquée. Généralement, le premier maximum se produit un peu avant 10 heures et le second vers 22 heures. Les minima ont lieu vers 5 heures et 16 heures. Le maximum diurne est toujours plus élevé que le maximum nocturne. L'amplitude de la marée barométrique passe par un maximum en été et un minimum en hiver.

Les grains n'affectent généralement pas l'allure régulière de la courbe barométrique; le cas échéant, et nous l'avons observé pour deux grains orageux, l'amplitude du crochet ne dépasse pas 1 millimètre.

Variation annuelle de la pression

La pression varie en sens inverse de la température; l'écart entre les extrêmes est d'ailleurs assez faible.

Les mouvements de l'air atmosphérique

LE VENT AU SOL

I — Les vents réguliers

Deux courants aériens règnent à Djibouti au cours de l'année. L'un, de direction sensiblement Est à Est-Nord-Est, souffle de novembre à la mi-mai; l'autre, venant de l'Ouest, sévit de juin à la mi-septembre.

Au cours des périodes intermédiaires, soufflent des vents de directions variables que nous étudierons plus loin.

Le grand courant de direction Est n'est autre que la mousson de Nord-Est qui souffle sur la partie de l'Océan Indien située dans l'hémisphère nord. Cette mousson est encore renforcée par les alizés qui, en cette saison, suivent le même sens. Elle est quelquefois déviée vers le Nord par le courant N.-N.-O. qui souffle dans l'axe de la Mer Rouge. Sa vitesse est très variable, généralement faible le matin, elle augmente de vitesse vers 9 heures, passe par un maximum avant midi, décroît ensuite pour augmenter au cours de l'après-midi, disparaître

vers 16 heures, réapparaître vers 2 heures et décroître de nouveau un peu avant l'aube qui la chasse quelquefois complètement pour laisser la place à la brise de terre qui souffle du Sud-Ouest et provoque un léger abaissement de la température, marqué par un crochet au thermomètre enregistreur.

La vitesse maximum de l'ensemble mousson-alizé ne dépasse généralement pas 60 kilomètres à l'heure au sol.

De juin à septembre, les phénomènes sont plus complexes. Normalement les alizés devraient souffler du Nord-Est, mais alors la mousson du Sud-Ouest s'est établie dans la partie Nord de l'Océan Indien et a envahi la presqu'île hindoue jusqu'au sud de l'Himalaya. Son courant est assez fort pour supprimer complètement les alziés, mais le courant Nord-Ouest qui parcourt la Mer Rouge exerce encore son influence en déviant la mousson vers l'Ouest. Plus ou moins sensible au cours de la journée, pouvant même disparaître tout à fait, surtout la nuit, le vent est alors franchement Ouest et sévit avec une violence d'autant plus grande que la différence de température entre la terre et la mer est plus élevée.

II — Les saisons intermédiaires

Nous avons indiqué précédemment que, pendant les saisons intermédiaires, les directions du vent au sol variaient considérablement au cours de la journée. Nous allons essayer d'expliquer ces variations.

En mai, la pression atmosphérique baisse sur toute l'étendue du continent asiatique, tandis qu'au voisinage de l'équateur elle se maintient aux environs de 760 mil-

limètres. La mousson du Sud-Ouest tend à s'établir, mais, trop faible encore, elle ne peut annihiler complètement l'alizé du Nord-Est. Suivant que l'alizé l'emporte sur la mousson ou inversement, on assiste à des modifications brusques dans la direction du vent; ces modifications se traduisent par des écarts hygrométriques assez importants. Quand, quelquefois, les deux courants aériens s'annulent entièrement, le calme règne, l'humidité, due à la mer, s'élève dans une proportion considérable, atteint même la saturation et provoque ainsi une atmosphère spéciale aux saisons intermédiaires : lourde, suffocante et déprimante. A mesure que la saison s'avance, la mousson du Sud-Ouest acquiert de la force pour s'établir en toute souveraineté en juillet et août.

En septembre et octobre, les mêmes phénomènes se reproduisent, mais en sens contraire.

III — Les vents locaux

Les courants réguliers, qui changent avec les saisons, s'expliquent par les différences de température entre les continents et les mers. Les vents locaux empruntent leurs caractères aux conditions barométriques et géographiques du pays même.

Nous avons déjà noté la brise de terre (direction Sud-Ouest) qui se fait sentir le matin en saison d'hiver, alors que la mousson du Nord-Est ne s'est pas encore établie. Cette brise est généralement très faible (1 à 3 mètres par seconde) et son passage n'est signalé que par un léger abaissement de la température. La hauteur de la couche d'air qu'elle affecte est peu élevée et ne dépasse jamais

100 mètres : le ballon-sonde rencontre très vite la mousson du Nord-Est.

La brise de mer, qui devrait souffler au cours de la journée, est insensible : en période d'hivernage, elle se confond avec la mousson ; en été, elle est complètement annulée par le courant d'Ouest qui souffle presque toute la journée.

LE KHAM SIN ET LE VENT DE SABA

En pays somali, on désigne sous ces deux noms deux courants aériens qui présentent à la fois quelques caractères communs et certaines différences profondes.

Leurs caractères communs sont de se manifester pendant la même saison : de mai à août, d'affecter les mêmes régions : les plaines de l'intérieur, le golfe de Tadjourah et une grande bande s'étendant de la Mer Rouge au Golfe d'Aden. Tous les deux sont très violents et plus ou moins chargés de sable et de poussières.

A. — Le Khamsin

Le Khamsin est ainsi appelé parce qu'il se manifeste généralement au cours d'une période de 50 jours (1) qui va toujours de mai à août, avec plus ou moins de retard selon que la saison torride est plus ou moins avancée ; si les fortes chaleurs débutent en mai, le Kham-

(1) Khamsin = Cinquante.

sin également, sinon, il n'apparaît qu'en juin et même en juillet.

Son origine est assez difficile à expliquer. Dû probablement à la différence de température qui existe entre la plaine de Manda d'une part et les montagnes dankalis et éthiopiennes d'autre part, il souffle toujours de l'Ouest-Nord-Ouest, sauf à de très rares moments, où il subit des déviations que lui impose la mousson. Il se lève vers 13 heures et ne disparaît que vers 20 heures, rarement plus tard. Il ne souffle presque jamais le matin, mais si cela se produit, sa violence s'accroît et ses manifestations peuvent durer plusieurs jours consécutifs. Sa vitesse, moins élevée à Djibouti que dans l'intérieur de la colonie, y atteint cependant 70 kilomètres à l'heure. Il apparaît toujours en rafales, séparées par des intervalles irréguliers. Freiné par le sol et les chaînes montagneuses, il n'atteint sa pleine vitesse qu'aux environs de 1.000 mètres d'altitude. Il semble que son épaisseur, si difficile qu'en soit la détermination, arriverait, d'après des observations faites en avion, aux environs de 5.000 mètres. Très sec sur la côte dankalie, il l'est un peu moins à Djibouti par suite de son passage au-dessus du Golfe de Tadjourah. Il produit cependant une élévation de température de plusieurs degrés et rend l'atmosphère lourde et difficilement respirable.

Ce n'est pas, à proprement parler, un vent de sable, analogue à ceux qui sévissent au Soudan Anglo-Egyptien (haboobs de Khartoum), mais plus exactement un vent chargé de poussières.

Il est dangereux pour la navigation aérienne et pour les bateaux de petit tonnage; aussi les marins indigènes le redoutent-ils particulièrement et ont établi un mode

de prévision empirique, d'après l'observation des nuages.

Une heure avant l'apparition du Khamsin, les sommets de la chaîne Mabila s'encapuchonnent de cumulus orageux, un calme complet règne sur la mer qui prend une teinte de plomb, une barre nuageuse traverse l'horizon à l'Ouest, puis, au loin, sur le golfe, des tourbillons apparaissent, les vagues se soulèvent en grondant, le vent accourt avec une vitesse folle, fatale aux embarcations imprudentes qui n'ont su regagner un abri sûr dans la dentelure de la côte.

Le Vent de Saba

C'est un courant atmosphérique violent qui présente quelque analogies avec le Khamsin, mais aussi quelques caractères particuliers.

Le vent de Saba, comme le Khamsin, souffle en été, mais le matin seulement. Sa direction est nettement Ouest. Il n'est pas sec et chaud comme le Khamsin, mais au contraire froid et fréquemment accompagné de gouttes de pluie et beaucoup moins chargé de poussières. Il se lève généralement vers 8 heures, cesse vers 11 heures et ne reprend que le lendemain. Il apparaît et disparaît toujours brusquement. En s'engouffrant dans le Ghubet Kharab, il produit un ronflement accentué et caractéristique.

Son origine est très difficile à établir; il semble qu'il prenne naissance dans les régions montagneuses d'Abysinie d'où il se propagerait, en suivant le lit desséché de l'Aouache, dans le fossé d'effondrement qui sépare le massif Issa du massif du Gouda. Ce serait, en somme,

un vent de vallée analogue à ceux qui soufflent dans certaines régions des Alpes .

La prévision du vent de Saba est encore plus difficile que celle du Khamsin. « Il vient comme un fou », disent les indigènes. Cependant, il est généralement précédé d'un amoncellement nuageux sillonné d'éclairs, sur le revers sud-oriental du mont Gouda, dans la direction de la vallée de l'Aouache. Il sévit généralement pendant sept jours consécutifs, d'où son nom : saba = sept.

Les Vents en altitude

Nous avons réuni, dans le graphique A annexé à la présente étude, l'ensemble des sondages effectués depuis juin 1935 à Djibouti. Ce graphique, forcément réduit, groupe près d'un millier de sondages, dont beaucoup ont atteint 10.000 mètres. On remarquera qu'à certaines périodes de l'année les sondages s'arrêtent tous à la même altitude, qui est celle du plafond nuageux : alto-cumulus de 4.000 à 5.000 mètres et cirrus à 8.000 mètres.

Un simple coup d'œil montre que la répartition des vents au sol se retrouve approximativement en altitude.

Nous allons examiner mois par mois les résultats de ces sondages :

Janvier. — La mousson d'Est souffle jusqu'à près de 2.000 mètres, sans déviation sensible, puis elle tend à s'infléchir au Nord; enfin, sous l'influence de l'alizé septentrional, elle s'incline vers le Sud en diminuant légèrement de vitesse.

Février. — Soufflant toujours de l'Est au sol, le vent

a une faible tendance à tourner au Sud-Est jusqu'à 1.000 mètres; puis il revient franchement à l'Est. A 3.000 mètres apparaît un courant Nord-Est qui semble être l'alizé auquel la mousson a cédé la place.

Mars. — Jusqu'à 2.000 mètres, le courant atmosphérique garde sa direction vers l'Est, puis quelques remous se produisent; le vent passe tantôt au Sud-Ouest, tantôt au Sud-Est, puis au Sud. Vers 4.000 mètres, on trouve quelquefois un fort courant d'Ouest, probablement le contre-alizé plus ou moins dévié vers le Nord et, enfin, au-delà de 6.000 mètres, un nouveau courant d'Est qui pourrait être l'harmattan.

Avril. — La mousson souffle toujours jusqu'à 2.000 mètres; l'alizé septentrional se place nettement de 2.500 à 7.000 mètres surmonté du contre-alizé.

Mai. — Avec le mois de mai, commence la période intermédiaire marquée par des alternatives de mousson d'Est et de mousson du Sud-Ouest, elle même contrariée par l'alizé qui semble dominer au-delà de 2.500 mètres pour faire place ensuite à un courant Sud dont la vitesse diminue avec l'altitude. Ce courant Sud n'est d'ailleurs pas permanent et alterne avec un vent de direction Nord qui serait encore l'alizé septentrional plus ou moins dévié par le grand courant d'Est que nous avons remarqué en avril.

Juin. — La période transitoire se termine; la mousson d'Ouest s'est établie; elle fait sentir son action jusqu'à 1.500 mètres; au-delà, elle subit l'influence de l'alizé septentrional qui la fait dévier vers le Nord-Ouest et tend même quelquefois à se substituer définitivement à elle

au-delà de 4.000 mètres. Cet alizé est à son tour contrarié par le courant d'Est qui souffle au-dessus de 4.000 mètres.

Juillet. — Le plafond de la mousson d'Ouest s'élève jusqu'à près de 4.000 mètres, l'alizé septentrional disparaît à peu près complètement et le courant d'Est se substitue à la mousson presque sans transition.

Août. — Le plafond de la mousson s'abaisse jusque vers 2.000 mètres; l'alizé réapparaît et, au-delà d'une zone intermédiaire, règne jusqu'à 6.000 mètres environ où il est remplacé par le courant d'Est.

Septembre. — L'influence de l'alizé septentrional devient de plus en plus grande, la mousson est chassée vers le sol; on remarque de nombreux remous. Le courant d'Est se maintient, mais sa vitesse diminue. A la fin de septembre, c'est la pleine période de transition, la direction du vent change fréquemment à toutes altitudes; la mousson d'Est tend à s'installer du sol à 3.000 mètres, tout en subissant de fortes déviations.

Octobre. — La transition se poursuit, l'alizé septentrional descend vers 3.000 mètres; on remarque une forte turbulence de 2.000 à 5.000 mètres où alternent les vents de Nord-Est et de Sud-Ouest. En fin de mois, la direction Ouest de la mousson se précise avec encore quelques zones de remous.

Novembre. — La mousson Est est définitivement établie, l'alizé septentrional a presque entièrement disparu; mais l'on retrouve, sans transition nette et au-delà de 7.000 mètres, un fort courant d'Ouest : le contre-alizé.

Décembre. — Le plafond de la mousson s'affaisse légè-

rement, l'alizé se fait sentir à partir de 2.000 mètres, mais son influence n'est que passagère et l'ensemble des courants se maintient à l'Ouest tout au moins jusque vers 3.000 mètres, les observations devenant difficiles par suite de la forte nébulosité.

Essai d'identification des courants aériens

L'étude des courants aériens nous a permis de constater que deux vents de directions indéniablement différentes : ainsi en est-il de la mousson d'été et du Khamsin qui soufflent tous deux de l'Ouest. Si, au sol, l'identification de ces courants est assez facile, il n'en est plus de même en altitude, la direction ne suffisant pas à elle seule à déterminer l'origine du courant aérien.

H. HUBERT avait montré (Annales de physique du Globe de la France d'Outremer : avril 1938, pages 34 et suivantes) l'interdépendance de l'humidité spécifique et de la direction moyenne des masses d'air, la connaissance de l'humidité spécifique d'un courant permettant, en général, l'identification de ce courant.

L'humidité spécifique ou richesse de l'air en vapeur d'eau est déterminée par le rapport du poids de vapeur d'eau contenu dans un volume d'air au poids total de cet air. Ce rapport reste invariable tant que la condensation

n'intervient pas; il caractérise une masse d'air quelle que soit la pression, tandis que l'humidité relative et l'humidité absolue varient.

La masse M d'un volume d'air (1 m^3 par exemple) dont la température est t , la pression totale h et qui contient une certaine quantité de vapeur d'eau de force élastique f est :

$$M = 1,293 \frac{H - 0,3777 f}{760} \times \frac{1}{1 + 0,00367 t}$$

La masse m de vapeur d'eau contenue dans ce mètre cube d'air est :

$$m = 1,293 \times 0,623 \times \frac{f}{360} \times \frac{1}{1 + 0,00367 t}$$

L'humidité spécifique étant donnée par la relation :

$$H_s = \frac{m}{M + m}$$

$$\text{est donc égale à } \frac{0,623 f}{h - 0,377 f}$$

Pour nos calculs, nous avons adopté la formule simplifiée :

$$H_s = \frac{0,623 f}{h}$$

En effet, la valeur $0,377 f$ est toujours très petite et n'affecte pas sensiblement le quotient. Nous avons multiplié par 100 les valeurs trouvées pour H_s et nous n'avons conservé que le premier chiffre du produit obtenu, les limites de précision des expériences ne nous permettant pas de considérer comme exacts les dixièmes.

Les sondages en altitude ont été effectués en avion en utilisant le dispositif décrit au chapitre de la température.

Afin d'éliminer l'influence de la mer qui augmente

considérablement l'humidité des courants aériens, nous examinerons seulement les résultats obtenus au-dessus de 2.000 mètres; nous avons en effet constaté que, pour un courant de direction déterminée, l'humidité se stabilise à cette altitude maximum.

Pour faciliter la lecture des résultats, nous avons transposé, sur des graphiques, les valeurs obtenues pour la température, l'humidité relative, l'humidité spécifique et les directions des vents à différentes altitudes.

Voici quelques résultats :

Graphique n° 1. — L'influence de la mer se fait sentir jusqu'à 1.200 m. environ, de 1.500 à 3.000 m., on note un vent NNW, d'humidité spécifique constante (0,45); au-delà de 3.000 mètres, le vent tourne au NE et l'humidité spécifique passe à 0,40.

Graphique n° 2 (Khamsin). — L'influence de la mer est sensible jusqu'à 2.000 mètres, puis, de 2.000 à 4.000 mètres l'humidité spécifique se stabilise vers 0,2 (Khamsin); au-delà de 4.000 mètres, le vent tend à tourner au NW et l'humidité spécifique augmente légèrement.

Graphique n° 3 (Khamsin). — Ce graphique est analogue au précédent; toutefois, l'influence de l'humidité de la mer ne dépasse pas 1.500 mètres.

Graphique n° 4. — L'action de l'humidité de la mer est sensible jusqu'à 1.500 mètres. On remarque qu'à un vent de direction déterminée correspond une richesse en eau à peu près constante; pour un vent de NW, elle est de 0,4; elle s'abaisse quand le vent passe au NE.

Graphique n° 5. — L'influence de la mer, tout en étant moins marquée que dans les graphiques précédents, s'exerce cependant jusqu'à près de 2.000 mètres; au-delà,

pour un courant de direction sensiblement Nord, l'humidité spécifique se fixe entre 0,7 et 0,8.

Le tableau ci-dessous résume les valeurs de l'humidité spécifique de quelques courants :

ALTITUDES	DIRECTIONS				
	N	NE	OUEST		
			Mousson	Khamsin	
en mètres					
—			—	—	
2.000	0,8	0,4	1,1	0,2	
2.500	0,8	0,4	0,6	1,1	0,2
3.000	0,7	0,4	0,6	1,0	0,2
3.500	0,7	0,4	0,6	1,0	0,2
4.000	0,7	0,4		0,9	0,2
4.500				0,9	0,2
5.000				0,9	

Un simple examen montre la différence considérable des richesses en eau de la mousson et du Khamsin qui ont sensiblement la même direction Ouest. Pour les autres courants aériens, les différences sont moins frappantes; il semble cependant que le vent d'Est, d'humidité spécifique égale à 0,6, n'est autre que la mousson d'hiver, tandis que celui de Nord-Est, d'humidité spécifique égale à 0,4, serait l'alizé. Le vent de direction Nord serait alors le courant qui souffle suivant le grand axe de la mer Rouge.

Visibilité horizontale

Les valeurs moyennes de la visibilité horizontale sont indiquées dans le tableau n° VII.

A Djibouti, la visibilité horizontale est généralement bonne, sauf à l'époque du Khamsin, durant lequel elle peut tomber à moins d'un kilomètre. D'ailleurs, sa moyenne passe, comme on peut le remarquer, par un minimum en juin et juillet, mois au cours desquels sévissent les vents de sable ou de poussières.

La réfraction due à l'échauffement inégal des couches d'air peut aussi quelquefois la diminuer considérablement. Les objets paraissent déformés et, si le phénomène est intense, les obstacles deviennent invisibles. Même en hiver les mirages sont très nombreux dans la plaine côtière d'Ambouli, qui avoisine l'agglomération urbaine.

Le brouillard est un phénomène très rare à Djibouti. Il semble plutôt localisé dans les régions montagneuses de la Colonie, mais l'atmosphère est quelquefois troublée par la forte tension de la vapeur d'eau. Ce sont d'ailleurs les masses d'air les plus chargées en humidité qui contiennent le plus grand nombre de particules en suspension (1). Cette forte humidité produit une sorte de brume qui altère considérablement le bleu du ciel et lui communique une teinte gris-bleu uniforme (2).

(1) H. LANDSBERG. Observations of condensation nuclei in the atmosphere : Monthly weather Review, volume 62, n° 12, p. 442.

(2) J. DEBRACH. Variations du bleu du ciel avec le coefficient de trouble atmosphérique dû à l'humidité, Annales de Physique du Globe de la France d'Outremer. Juin 1937, p. 72.

Nébulosité, Nuages

Le tableau VIII expose les maxima et les minima moyens de la nébulosité pour chaque mois de l'année (1). Son examen montre que c'est en février que la nébulosité atteint son maximum et en septembre qu'elle passe par un minimum, la moyenne annuelle étant de quatre dixièmes.

Il convient de remarquer que ces valeurs concernent surtout des nuages situés à l'horizon terrestre de Djibouti, plus spécialement au-dessus des chaînes montagneuses. Sauf en saison d'hivernage, le ciel de Djibouti est presque toujours clair au Zénith.

Formes nuageuses

A Djibouti, nous avons observé la plupart des types de nuages, parmi lesquels trois formes nuageuses dominent :

1°) Les cumulus, dont la hauteur varie de 1.000 à 2.000 mètres, suivant la saison et l'heure de la journée. Ces cumulus se transforment quelquefois en cumulonimbus particulièrement au-dessus des massifs montagneux situés à l'Ouest de la ville.

2°) Les altocumulus (de 2.500 à 6.000 mètres).

3°) Les cirrus (au-dessus de 8.000 mètres).

Jamais nous n'avons observé de successions nuageuses caractéristiques avec front, corps et traînes.

(1) Ces maxima et minima sont déterminés d'après six observations quotidiennes.

L'Évaporation

Les valeurs moyennes de l'évaporation sont indiquées dans le tableau IX (1).

L'évaporation varie approximativement en sens contraire avec l'humidité atmosphérique; elle est abondante quand sévit le Khamsin (2); en hiver, elle est très faible et sa moyenne quotidienne oscille autour de 5,3 mm.

Comme les précipitations sont peu abondantes, la différence entre celles-ci et l'évaporation est suffisante pour permettre l'installation de salines dont le débit à l'hectare est relativement élevé.

La Pluie

Le tableau X fait connaître, pour chaque année, depuis 1904, la hauteur totale, exprimée en millimètres, de la pluies recueillie et le nombre des jours de pluie; le

(1) Les résultats obtenus à la station météorologique comparés avec ceux obtenus aux salines de Djibouti ont montré des différences minimales et pratiquement négligeables.

(2) On remarquera dans le tableau IX une différence notable entre les mois de juin-juillet et les mois de mai et août, cette différence est due précisément au Khamsin qui sévit plus particulièrement en juin-Juillet et qui abaisse considérablement le degré hygrométrique de l'air.

tableau XI expose les moyennes mensuelles calculées sur la même durée.

L'examen de ces deux tableaux fait ressortir l'irrégularité du régime pluviométrique de Djibouti. La hauteur totale annuelle subit des fluctuations énormes, c'est ainsi qu'en 1937 on a recueilli 282 mm. d'eau, alors qu'en 1918 on n'en avait recueilli que 10,4 mm. Le nombre et la répartition des jours de pluie sont aussi variables : en 1930, il y eut 34 jours de pluie et 3 seulement en 1928.

Alors qu'en principe les deux saisons des pluies devraient se placer en mars-avril et en décembre-janvier, certaines années on constate que non seulement il ne pleut pas aux époques prévues, mais qu'au contraire il pleut au cours des autres mois. Il n'y a que le mois de juin qui soit toujours dépourvu de toute précipitation.

Les périodes pluvieuses sont chaque année très courtes et ne dépassent jamais six jours consécutifs. Les périodes de sécheresse, par contre, sont beaucoup plus longues ; à plusieurs reprises on en a noté qui dépassaient six mois. Elles peuvent se situer à n'importe quelle période de l'année, mais elles sont plus fréquentes en saison torride.

Rares, les pluies sont quelquefois abondantes et même torrentielles : ainsi, le 18 mars 1930, se produisait une chute de 162 mm. ; en novembre 1934, une chute de 158,4 mm. en trois jours consécutifs. Leur excessive abondance cause de véritables désastres dans la ville indigène qu'elles inondent.

Ces précipitations se manifestent en général sous la forme d'averses plus ou moins intenses, très rarement accompagnées de manifestations orageuses, c'est-à-dire

avec la foudre éclatant au voisinage de l'observateur. De 1934 à 1938, nous n'avons enregistré que deux orages, les 25 et 26 mars 1937, avec des chutes de pluie de 43,7 mm. en 1 h. 15, le 25, et 11, 5 mm. en 45 minutes, le 26.

Orageuses ou non, les pluies s'annoncent le plus souvent, en période d'hivernage, par une modification de la direction du vent au sol. Dans les deux heures qui précèdent le grain, le vent, qui souffle de l'Est ou du Nord-Est, s'infléchit vers le Sud et s'y maintient pendant toute la durée de la pluie.

De mai à septembre, la pluie arrive aussi bien de l'Est que du Sud, plus rarement du Sud-Ouest; elle est alors chassée par un vent violent, mais elle n'est que de très courte durée.

*
* *

Il est difficile d'établir une périodicité dans le régime pluviométrique de Djibouti. L'on peut toutefois remarquer :

1° Que les années de sécheresse sont généralement isolées et suivies d'années pluvieuses (1909, année sèche; 1910, année pluvieuse; 1915, année sèche; 1916, année pluvieuse; 1931, année sèche; 1932 année pluvieuse...).

2° Que les années se groupent en périodes undécennales dont la moyenne est sensiblement égale à la moyenne générale : pour la période 1907-1917, la moyenne est de 137 mm.; pour la période 1918-1928, elle est de 127 mm.; pour la période 1929-1938 (10 années seulement), elle est de 132 mm.

Cette périodicité paraît se retrouver dans la répartition des années en années sèches (< 100 mm.), années nor-

males (100 à 150 mm.), années pluvieuses (au-dessus de 150 mm.). Pour onze années consécutives, on enregistre quatre années pluvieuses, quatre années sèches et trois années normales.

3° Que la petite saison des pluies (mars-avril) est nettement marquée pour les années pluvieuses avec des chutes pouvant aller jusqu'à 200 millimètres (1911), tandis qu'elle disparaît presque entièrement ou même entièrement pour les années sèches.

L'Humidité atmosphérique

Le tableau XII donne les valeurs moyennes de l'humidité relative (état hygrométrique) et de la tension de la vapeur d'eau pour chaque mois de l'année.

Variations diurnes

D'une manière générale, les variations de l'état hygrométrique accompagnent les variations de la température, c'est-à-dire que les maxima sont atteints vers 6 heures du matin et les minima entre 12 heures et 14 heures.

Les variations diurnes anormales sont dues ordinairement à la brusque arrivée au sol d'un courant aérien sec, comme le Khamsin, qui modifie considérablement

le degré hygrométrique. Ces variations atteignent quelquefois 30 centièmes.

Variations mensuelles et annuelles

L'examen du tableau XII montre que l'humidité relative est à son maximum au cours de la période d'hivernage, durant laquelle l'air est fréquemment saturé, et son minimum en juin-juillet, quand soufflent les vents chauds et secs.

En saison tempérée, la saturation est atteinte fréquemment et peut se maintenir plusieurs heures. En saison torride, on a noté des minima ne dépassant pas 9 %, mais ils sont toujours de très courte durée (minima en pointe).

Puisque la moyenne oscille autour de 70 %, on peut affirmer que le climat de Djibouti est nettement humide. C'est d'ailleurs à cette humidité de l'air que la maigre végétation de quelques collines proches de Djibouti doit de se développer. Il arrive que le refroidissement de l'air pendant la nuit suffise à provoquer une forte condensation de la vapeur d'eau (plus de un dixième de millimètre) et à faire ruisseler les toitures, sans qu'on aperçoive le moindre nuage.

*
* *

Tension de la vapeur d'eau

Comme les variations de l'humidité et celles de la température se produisent simultanément, mais en sens contraire, il en résulte une faible variation de la vapeur d'eau, surtout pendant la nuit où les courbes sont régulières. Au cours de la journée, on a noté quelquefois des

variations beaucoup plus importantes dues, comme celles de l'humidité, à l'arrivée brusque au sol d'un courant aérien dont l'état hygrométrique diffère du courant qui sévissait antérieurement.

C'est en saison d'hivernage que la tension de la vapeur d'eau est moins élevée et en périodes de transition (mai-juin et septembre) qu'elle atteint son maximum.

Si l'on admet que 20 mm. de tension de vapeur est le maximum que peut supporter la race blanche sans précautions particulières, le climat de Djibouti n'est jamais favorable à l'habitat de l'européen. Nous aurons d'ailleurs l'occasion d'y revenir en examinant le climogramme de Djibouti.

L'humidité en altitude

Les mêmes sondages qui nous ont permis d'indiquer au chapitre des vents les valeurs de l'humidité spécifique des courants aériens au-dessus de Djibouti, nous donnent les valeurs de l'état hygrométrique et de la tension de vapeur à différentes altitudes.

L'influence de la mer y est en général sensible jusqu'à 1.500 mètres; au-delà, la nature des couches d'air exerce, comme nous l'avons montré en parlant des vents, une action prépondérante sur la valeur de l'humidité et produit quelquefois de brusques variations dans l'état hygrométrique. En général, l'humidité relative diminue jusqu'à 2.000 mètres et se relève ensuite.

Avec l'altitude, la tension de la vapeur d'eau décroît très rapidement, par exemple de 26,5 mm. au sol, elle passe à 10,4 mm. à 1.000 mètres, à 5,2 à 2.000 mètres et à 1,8 mm. à 5.000 mètres.

Essai de classification du Climat de Djibouti

En examinant tour à tour les éléments du climat de Djibouti, nous avons constaté qu'il est à la fois chaud et humide, d'une nébulosité moyenne et que les précipitations y sont assez rares et surtout très irrégulières. Nous voudrions essayer de le rattacher à un type de climat connu.

Par la situation géographique de Djibouti et la faible variation de sa température, il entre dans le groupe des climats tropicaux. La rareté des pluies, leur irrégularité le situent dans les climats désertiques, mais l'influence de la mer qui augmente l'humidité de l'air et provoque des condensations nocturnes, sans donner de véritables précipitations, jointe aux deux autres éléments, en fait un type de la catégorie des climats désertiques océaniques du type péruvien.

La comparaison suivante entre le climat de Djibouti et le climat péruvien semble justifier cette assimilation :

<i>Climat péruvien</i>	<i>Climat de Djibouti</i>
Températures uniformes.	Températures assez uniformes.
Précipitations rares pouvant faire défaut pendant plusieurs mois.	Précipitations rares, certaines périodes de sécheresse peuvent dépasser six mois.
Grande humidité de l'air. 81 % en hiver, 78 % en été.	Grande humidité de l'air. 80 % en hiver, 60 % en été

Cette grande humidité (malgré le Khamsin). Cette occasionne une bruine fine humidité provoque des parfois suffisante pour faire condensations nocturnes verdier les collines. suffisantes pour entretenir, sur certaines collines, une maigre végétation d'épineux.

Nébulosité plus forte en Moyennes de la nébulosité :
saison froide qu'en été. En saison froide : 5,1 %.
En été : 3,8 %.

On le voit, les points communs sont assez nombreux. Si la température moyenne annuelle est moins élevée sur la côte péruvienne qu'à Djibouti, la différence est due aux eaux océaniques anormalement froides qui la baignent, tandis qu'à Djibouti les courants marins amènent sur le rivage une eau dont la température moyenne ne descend pas au-dessous de 27°.

Au Pérou, les vents qui abordent le continent plus chaud que la mer ne peuvent, malgré l'influence du relief, donner de précipitations, puisqu'ils ne se refroidissent pas. Il en est de même à Djibouti pendant la majeure partie de l'année, sauf en hiver, où le sol plus froid que la mer provoque une certaine condensation particulièrement sensible dans les régions montagneuses.

A Djibouti, la moyenne de l'humidité est abaissée par le Khamsin qui ne sévit pas au Pérou. Abstraction faite de cette influence, l'humidité est sensiblement la même dans les deux régions.

Djibouti est un des points du globe où l'aridité littorale s'approche le plus près de l'équateur. Cette aridité se manifeste encore sur le territoire de la Somalie bri-

tannique jusqu'au Cap Guardafui; au-delà, sur la côte de la Somalie italienne, règne le climat pendjabien, type de climats de mousson où l'amplitude thermique est assez grande et l'humidité plus faible.

Le Climogramme de Djibouti

Le climat d'une région est la résultante d'un certain nombre de facteurs météorologiques plus ou moins complexes et plus ou moins dépendants les uns des autres. Parmi ces facteurs, la température et l'humidité jouent un rôle primordial dans ce que nous appellerons le « climat physiologique ». Mais, comme la température dépend surtout de la radiation solaire et de la nébulosité, que l'humidité est souvent en relation directe avec les vents et que la tension de la vapeur d'eau est à la fois fonction de la température et de l'humidité, nous pourrions par combinaison graphique température-humidité représenter à peu près exactement le climat de Djibouti.

Cette combinaison graphique, nous l'établirons suivant le principe décrit par COUTAGNE (1), c'est-à-dire en

(1) La Météorologie, Mars 1935, p. 133.

portant en abscisse les valeurs de l'humidité et en ordonnée celles de la température. Nous obtiendrons ainsi une courbe fermée qui délimite une surface à laquelle appartiennent toutes les valeurs possibles « température-humidité » du climat considéré.

Nous aurions pu établir cette courbe en déterminant douze points, pour chaque mois de l'année, représentatifs des moyennes de la température et de l'humidité, mais cette forme de climogramme nous a paru trop simplifiée, car elle admet que la température moyenne et l'humidité moyenne se situent à la même heure de la journée, ce qui n'est pas absolument exact. Il convenait donc de choisir plusieurs heures de la journée, de déterminer pour chaque mois la température et l'humidité moyennes pour chacune de ces heures et, sur ces données, d'établir un certain nombre de climogrammes dont la combinaison donnerait le climogramme définitif, c'est-à-dire celui dont la surface englobe les surfaces de tous les climogrammes primitifs.

Afin de ne pas multiplier les calculs, nous avons établi cinq graphiques correspondant à une période de la journée qui contient à la fois le maximum et le minimum de la température et le maximum et le minimum de l'humidité. A Djibouti, cette période va de 6 heures à 14 heures, c'est-à-dire qu'entre 6 heures et 14 heures se produisent toutes les combinaisons possibles au cours de la journée de la température et de l'humidité. On admet facilement que dans la deuxième partie de la journée on repasse en sens inverse, mais à une vitesse différente (généralement deux fois moindre), pour les mêmes conditions.

Cette manière de procéder a été préconisée par H. Hu-

BERT et utilisée par FOISSY dans l'étude des différents Climats de l'Afrique Occidentale Française (1).

Nous avons ainsi obtenu les cinq courbes du graphique B. En lisant ce graphique, on retrouve certains caractères climatologiques déjà exposés dans les différents chapitres : ainsi à un maximum de température correspond généralement un minimum d'humidité et réciproquement.

*
* *

Nous avons pensé qu'il serait intéressant de comparer le climat de Djibouti avec celui de la région parisienne. A cet effet, nous avons reporté sur les mêmes coordonnées les graphiques du climat parisien (Parc Saint-Maur) établis aux mêmes heures de la journée (6, 8, 10, 12 et 14 heures).

On constate que les surfaces limites de ces deux séries de graphiques (Djibouti et le Parc Saint-Maur) n'ont aucun point commun. Dans les circonstances les plus favorables (hiver), le climat de Djibouti ne correspond jamais au climat parisien (été); les températures moyennes se rapprochent, mais l'humidité est beaucoup plus élevée à Djibouti qu'à Paris. De même, pour des valeurs d'humidité relative sensiblement équivalentes, la température moyenne à Djibouti est de beaucoup supérieure à la température moyenne de la région parisienne, ce qui revient à dire que le minimum moyen de la tension

(1) Annales de Physique du globe de la France d'Outremer. Février 1928, p. 4 et suivantes.

de la vapeur d'eau à Djibouti est supérieur à son maximum moyen à Paris.

Les climatologues admettent généralement qu'une tension de vapeur d'eau égale à 20 mm. de mercure représente la limite supportable, sans inconvénients, ni précautions spéciales, à la race blanche (1). Nous avons inscrit sur le graphique C le climogramme général de Djibouti (surface limite des cinq climogrammes précédemment établis) et la courbe passant par les points où la tension de la vapeur d'eau est égale à 20 mm. de mercure. La surface hachurée représente la partie du climogramme pour laquelle la tension de la vapeur est inférieure à 20 mm. On constate, d'un simple coup d'œil, que cette surface est très réduite en comparaison de la surface totale du climogramme : elle n'en atteint pas le dixième. Il convient d'ailleurs de remarquer que ce rapport de 1 à 10 ne représente pas réellement le rapport du nombre d'heures de l'année où la tension de vapeur est inférieure à 20 mm. à un nombre total des heures de l'année. Il lui est de beaucoup inférieur. En effet, la fréquence des points représentatifs de la combinaison « température-humidité » est beaucoup plus grande dans la partie moyenne de la surface que dans ses deux extrémités. D'ailleurs, le point correspondant à la température et à l'humidité moyennes annuelles (29° 7 et 70 %) est situé nettement au-dessus de la surface hachurée; il correspond à une tension de 21 mm. 7, valeur un peu moins élevée que celle obtenue en calculant la moyenne de la tension de vapeur d'après d'après trois

(1) H. HUBERT. Nouvelles études sur la météorologie de l'Afrique Occidentale Française. P. 85.

observations quotidiennes (7 heures, 12 heures et 17 heures) (2). Nous avons calculé la valeur de la combinaison « température-humidité » pour trois années et pour 10 heures chaque jour; nous avons constaté que 6 % seulement des points ainsi obtenus étaient situés dans la surface hachurée du climogramme; il n'y aurait donc qu'environ 520 heures par an où le climat est supportable.

D'autre part, le graphique C montre également qu'à Djibouti la tension de la vapeur d'eau n'est jamais inférieure à 20 mm. pour des températures supérieures à 28°; il en résulte que toutes les heures supportables sont situées à des moments où la température ne dépasse pas 28°. Le graphique D, établi en portant en abscisses les températures et en ordonnées l'écart diurne entre la moyenne des maxima et la moyenne des minima, montre que toutes ces heures sont situées entre novembre et mars. Cela ne signifie pas que le climat soit supportable pour toutes les températures égales ou inférieures à 28°, car le facteur humidité intervient, mais que l'une des conditions au moins est réalisée. Le thermomètre étant, pour le public, d'usage beaucoup plus courant que l'hygromètre, nous n'avons considéré que le facteur température qui est facilement mesurable à toute heure de la journée.

(2) Cette différence ($23,4 - 21,7 = 1,7$ mm.) confirme que la moyenne établie d'après les cinq heures choisies pour les climogrammes (6, 8, 10, 12 et 14 heures) est plus exacte que la moyenne obtenue en partant de trois observations seulement (7, 12 et 17 heures).

Conclusions

Nous avons examiné successivement les différents éléments du climat de Djibouti et nous avons montré :

1° Que la température est généralement élevée avec une moyenne annuelle proche de 30° et des écarts diurnes faibles.

2° Que l'humidité est toujours forte, à de rares exceptions près, et que la tension de la vapeur d'eau est généralement supérieure à 20 mm. de mercure.

Si l'on considère qu'au-dessus de 25° l'organisme humain doit lutter contre la chaleur pour conserver son équilibre, on constate qu'à Djibouti l'état de défense est un état presque permanent.

Mais, jusqu'à 37°, l'organisme utilise un double moyen de défense pour l'évacuation des calories internes : le rayonnement épidermique et la voie pulmonaire. Au-delà de 37°, la voie pulmonaire reste seule utilisable. Or, à Djibouti, la température de 37° est fréquemment dépassée : à certaines périodes de l'année (juin à août) le thermomètre ne s'abaisse au-dessous de cette température que pendant quelques heures de la nuit seulement.

D'autre part, l'influence de l'humidité de l'air est considérable. Tant que cette humidité n'atteint pas 80 %, la défense de l'organisme s'opère simultanément par évaporation cutanée et par évaporation pulmonaire; entre 80 % et 90 % de degré hygrométrique, la résistance faiblit, au-delà de 90 % le corps ne produit plus les calories nécessaires aux opérations fondamentales de la vie et si la température du corps ne varie que très faiblement, la puissance vitale n'en est pas moins fortement diminuée et il peut en résulter certains malaises et troubles physiologiques. Tout travail donnant naissance à une certaine quantité de chaleur supplémentaire, celle-ci vient encore diminuer le rendement.

Enfin, Ellsworth HUNTINGTON a montré dans « Civilization and Climate » que si le travail est minimum quand l'organisme est soumis simultanément à une forte température et à une forte humidité, il s'abaisse encore lorsque la température varie peu au cours de la journée (écarts diurnes faibles).

De ces considérations, il résulte que le climat de Djibouti est non seulement défavorable à l'acclimatement de « l'homme blanc », mais plus encore qu'il est également défavorable à toute activité physique normale.

Certes, la plus ou moins grande souplesse du métabolisme de chaque individu permet une résistance plus ou moins grande, mais, dans certaines conditions, très souvent réalisées à Djibouti, la régulation thermique de l'homéotherme devient impossible, l'organisme s'appauvrit et reste à la merci d'une affection même bénigne. Ces réactions, déjà très sensibles chez l'adulte, le sont encore davantage chez l'enfant et particulièrement le nourris-

son chez lequel la thermorégulation incomplète peut occasionner les accidents les plus graves.

Comme le climat de Djibouti ne permet à peu près jamais de récupérer des forces débilitées par sa rigueur, l'organisme vit sur ses réserves et les séjours ne peuvent être impunément prolongés sans risques, malgré les précautions de tous ordres que la prudence conseille et que la volonté peut exiger.

En plus des moyens généralement utilisés pour combattre la chaleur, tels qu'absorption de liquides destinés à activer la sudation, réduction de la ration alimentaire, port de vêtements légers, etc., on a envisagé la climatisation de certains locaux destinés plus particulièrement à recevoir des malades, mais les difficultés de réalisation apparaissent nombreuses. Si la modification de la température de l'air est relativement facile dans un local clos, il n'en est pas de même pour l'humidité. Un procédé assez rudimentaire consiste à ventiler fortement et à provoquer ainsi un mouvement d'air occasionnant une évaporation supplémentaire pour créer une température effective favorable (1). Il est tout à fait illusoire de vouloir climatiser un local en se contentant d'abaisser la température, car alors l'humidité s'élève et le seul facteur important, la tension de la vapeur d'eau, reste sensiblement égal à lui-même jusqu'à ce que la saturation soit atteinte, ce qui ne crée d'ailleurs pas une atmosphère physiologiquement favorable. Chacun sait que l'impression agréable produite, sous les tropiques, par l'abaissement de température dû à une chute de pluie n'est que passa-

(1) On désigne sous le nom de température effective un élément nouveau résultant de la température du thermomètre sec, du degré hygrométrique et du mouvement de l'air.

gère, car la saturation de l'air se produit très rapidement et l'atmosphère redevient presque toujours plus pénible qu'auparavant.

Il faudrait donc combiner, avec une forte ventilation, un refroidissement de l'air et une absorption de l'humidité abaissant le degré hygrométrique au-dessous de 70 %. Cette modification pourrait être obtenue par une absorption très poussée de l'humidité, suivie d'une évaporation partielle de l'eau condensée, afin de provoquer un abaissement de la température de l'air desséché.

Quoi qu'il en soit, la réalisation de tels dispositifs restera difficile et coûteuse. Seuls, la brièveté des séjours, les changements d'air, les stations en montagne peuvent permettre de lutter efficacement contre les inconvénients d'un climat défavorable que le climat de Djibouti.

Le Climat solaire de Djibouti

L'étude de la radiation solaire est très importante; elle constitue la base même de la thermodynamique de l'atmosphère et de la climatologie. Depuis plusieurs années, sur presque tous les points du globe, des mesures de la radiation solaire ont été entreprises. Cependant, à notre connaissance, aucune étude actinométrique n'a jamais été faite dans un large périmètre autour de Djibouti; les points les plus proches où ces recherches ont été effectuées sont :

Mogadiscio 2° 02' N, 45° 21' E (1).

Assuan 24° 32' N, 53° E (2).

Nous avons pensé qu'il serait intéressant de combler cette lacune, aussi, depuis 1935, nous avons multiplié les mesures de la radiation solaire directe et de la radiation ultraviolette.

Ces mesures ont été faites soit au sol, soit en avion, afin d'éliminer les erreurs dues aux poussières, d'établir des comparaisons et d'essayer de déterminer l'absorption atmosphérique. A Djibouti, le ciel généralement peu

(1) BOSSOLASCO. Mesure de la radiation solaire et ultraviolette à Mogadiscio. Bioklimatische Bublätter. Vol. 1, n° 4, p. 172.

(2) RIEMERSCHMIDT. La radiation ultraviolette de la radiation solaire à Assuan (Haute-Egypte). Strahlentherapie 46, p. 188, 1933.

nuageux (3) se prêtait d'ailleurs tout particulièrement à ces mesures.

L'étude du climat solaire de Djibouti sera divisée en trois parties :

- 1°) L'insolation.
- 2°) La radiation solaire directe.
- 3°) La radiation ultraviolette.

I. - L'Insolation

Appareil

L'appareil utilisé pour la mesure de l'insolation est un héliographe de Cambell. Il se compose d'une lentille sphérique qui concentre les rayons solaires sur une bande de carton. Cette bande de carton est carbonisée à l'endroit où se forme l'image du soleil. Par suite du mouvement diurne, il se forme une raie noire; en mesurant la longueur de cette raie, on obtient la durée d'insolation. La précision de cet appareil est suffisante pour permettre d'apprécier à 5 % près les moments où le soleil a brillé. Certaines formes nuageuses; cirrus, altostratus minces, etc., présentent assez de transparence pour lais-

(3) Il s'agit ici de la nébulosité au zénith. Généralement, à Djibouti, les nuages forment une couronne à l'horizon, particulièrement au-dessus des chaînes montagneuses du sud et de l'ouest et le ciel reste clair sur une large calotte zénithale.

ser passer une partie de la radiation solaire suffisante pour provoquer la combustion partielle du carton; la trace noire qui se forme est plus ou moins nette suivant l'épaisseur du nuage, mais permet cependant d'apprécier la durée d'insolation. En principe, nous avons admis que le soleil brillait chaque fois que la combustion de la bande de carton formait une trace noirâtre nettement appréciable. Nous avons constaté qu'il fallait une radiation d'environ 0,15 calorie pour provoquer sur le carton une trace de brûlure.

Les tableaux XIII et XIV exposent les moyennes des durées d'insolation, l'un pour chaque mois de l'année, l'autre pour chaque heure de la journée.

On constate :

1°) Que la durée d'insolation passe par un maximum en juin. Ce maximum correspond à la fois au maximum de la durée du jour et au minimum de la nébulosité (1).

2°) Que l'insolation est maximum à midi. En effet, comme nous l'avons fait remarquer précédemment, à Djibouti, le ciel est généralement clair au zénith, les nuages étant plus particulièrement groupés à l'horizon au-dessus des chaînes montagneuses.

(1) Cette insolation maximum ne correspond pas obligatoirement à un maximum de chaleur reçue par le sol, car en juin, juillet et août la radiation solaire est quelquefois assez fortement diminuée par l'absorption due aux poussières en suspension dans l'air.

II. - La Radiation solaire

Les Appareils

Pour mesurer la radiation solaire, nous avons utilisé les appareils suivants :

1°) Pyréliomètre enregistreur, de GORSZYNSKI. Cet appareil se compose essentiellement d'une pile thermo-électrique diaphragmée de MOLL et d'un millivoltmètre enregistreur. La pile thermo-électrique, protégée par une petite lame de verre optique, est formée de trois séries d'éléments en constantan-manganine noircis placés au fond d'un cylindre argenté. Elle est portée par une monture équatoriale orientée suivant une ligne nord-sud et ajustée à moins d'un degré près, grâce à un petit cercle, à la latitude de la station.

L'étalonnage de cet appareil a été réalisé, à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, par BRAZIER, au moyen d'un pyréliomètre à disque d'argent.

Le millivoltmètre à défilement continu donne d'assez bons résultats, à condition toutefois que les variations de la radiation solaire ne soient pas trop rapides, sinon le frappeur peut immobiliser l'aiguille à un moment quelconque de sa course et enregistrer ainsi une valeur mexistante. Le diagramme sur lequel sont marqués les

pointages successifs de l'aiguille portent des divisions équidistantes de 0 à 100, ce qui ne correspond pas exactement au tracé des millivolts, l'erreur de grandeur pouvant atteindre 10 %. D'autre part, la position du zéro n'est pas constante et varie quelque peu au cours de la journée. D'après GORCZINSKY, cette variation peut atteindre 4 divisions quand l'aiguille du millivoltmètre est située entre 30 et 70 divisions. Pour obvier à cet inconvénient, nous avons effectué simultanément, et le plus souvent possible, des mesures de la radiation directe au moyen d'un solarimètre Richard muni d'un tube pyrhéliométrique, nous avons ensuite reporté ces valeurs sur la courbe de l'appareil enregistreur. Les corrections obtenues par ce procédé portent exclusivement sur les parties hautes de la courbe. En principe, nous avons admis comme « zéro » la division correspondant à la ligne tracée par le millivoltmètre pendant la nuit.

Mais, pour les régions où la température atteint de hautes valeurs, et c'est le cas à Djibouti, le pyrhéliomètre enregistreur de MOLL-GORCZYNSKI présente un grave inconvénient. L'élévation de la température au cours de la journée produit un échauffement considérable de la monture équatoriale, des diaphragmes, du boîtier, du mouvement d'horlogerie et du mouvement lui-même. Il en résulte une forte dilatation du métal, quelquefois une légère distorsion des diaphragmes, mais surtout une modification de la marche de l'horloge. Celle-ci n'entraînant plus régulièrement l'ensemble diaphragme-pile, l'ouverture du diaphragme supérieur ne correspond plus exactement à la hauteur du soleil, une partie plus ou moins grande de la surface de la pile reste dans l'ombre et les mesures sont faussées. Au fur et à mesure que la

température s'élève, les phénomènes s'accroissent et il devient très difficile, sinon impossible, de corriger les erreurs qui en résultent. La courbe d'enregistrement garde une allure régulière, mais les ordonnées ne correspondent plus aux valeurs réelles de la radiation, elles sont nettement inférieures. En établissant des comparaisons avec un autre appareil, nous avons constaté que ces erreurs atteignaient et même dépassaient 20 % de la valeur totale de la radiation directe.

D'autre part, les particules de poussières et de sel en suspension dans l'air encrassent et oxydent rapidement le mouvement d'horlogerie qui s'arrête fréquemment. Les mesures, au moyen de cet appareil, devenant trop difficiles, nous les avons interrompues pour utiliser exclusivement des appareils à lecture directe.

Solarimètre avec tube pyréliométrique

Cet appareil permet indifféremment la mesure de la radiation globale, de la radiation diffuse ou de la radiation directe; dans ce dernier cas, il est muni de son tube pyréliométrique.

Il se compose essentiellement d'une pile thermoélectrique de Moll. A chaque soudure passive de cette pile est adjointe une masse métallique très importante par rapport à celle de l'élément même. Grâce à ce dispositif, on peut exposer à l'action du rayonnement la totalité de la longueur du couple. Les éléments de la pile sont constitués par des lamelles très minces de constantan et de manganine groupées en forme de rectangles, les intervalles sont remplis d'un vernis noir spécial destiné à

éviter les déformations dues à l'action du soleil. La résistance intérieure de cette pile est d'environ 8 ohms, ce qui permet de l'utiliser avec des millivoltmètres de types courants. Afin de la protéger des intempéries, elle est recouverte d'un verre hémisphérique fixé hermétiquement sur le tube, après dessiccation complète de l'air intérieur pour éviter le dépôt de buée se formant sous l'action des changements de température. Malgré ces précautions, le dépôt de buée se forme quelquefois, il faut alors enlever le verre protecteur, l'essuyer et le replacer après avoir desséché l'appareil, ce qui ne va pas sans certains inconvénients. Pour éviter cette manipulation délicate, nous avons imaginé de chauffer la pile doucement et jusqu'à 70° environ, dans une étuve électrique parcourue par un courant d'air très lent. Les résultats ont été satisfaisant : l'humidité déposée sur le verre protecteur disparaissait complètement.

Le verre hémisphérique a un diamètre de 50 mm., ce qui, d'après GORCZYNSKI, évite un grand nombre de corrections que nécessiterait l'emploi d'un verre de plus petit diamètre.

Voici, d'après le même auteur, les valeurs du coefficient à employer pour un verre de 50 mm. et pour différentes hauteurs du soleil (mesures de la radiation globale) :

Hauteur du soleil	70°	50°	40°	30°	20°	15°	10°
Coefficient	19	19	19	19	19	20	23

Il en résulte que les corrections ne sont nécessaires que pour des mesures faites au lever ou au coucher du soleil.

Pour les mesures de la radiation directe, la pile ther-

moélectrique est montée sur un support orientable en tous sens et muni d'un cercle gradué permettant d'apprécier, à un degré près, la hauteur du soleil. Le tube diaphragmé porte à sa partie supérieure un disque tournant à quatre ouvertures disposées en croix; la première est libre pour permettre la mesure de la radiation directe, les trois autres sont munies de filtres colorés dont voici les caractéristiques, d'après la notice des Etablissements J. Richard, constructeurs de l'appareil) :

Filtre rouge RG 2, série EMS n° 500, épaisseur 3 mm. 5 :

Longueurs d'onde (μ) ...	600	640	650	700	800	1500	2000
transmission %.....	0,00	0,10	0,90	0,98	0,93	0,98	0,98
Longueurs d'onde (μ) ..	2200	2400	2600	2800			
transmission %.....	0,96	0,90	0,80	0,60			

Les caractéristiques de ce filtre sont excellentes, la transmissibilité commence vers 640 μ , augmente ensuite très rapidement, atteint 98 % vers 700 μ et conserve cette valeur jusqu'à 2.200 μ . Elle diminue ensuite assez lentement. Elle contient les longueurs d'onde correspondant aux quatre bandes d'absorption par la vapeur d'eau qui existent dans la partie infrarouge du spectre solaire : 943, 1113, 1740 et 1840 μ . L'énergie des longueurs d'onde supérieures à 2.000 μ est faible et la diminution de la transmissibilité dans cette plage ne ne joue pas un grand rôle. Il faut remarquer que le filtre RG 2 laisse passer quelques rayons visibles (de 645 à 720 μ), mais la fraction d'énergie correspondant à ces rayons ne dépasse pas 4 % de l'énergie totale transmise par le filtre; on peut donc considérer que celui-ci ne donne que l'intensité de la partie infrarouge du spectre.

Filtre noir RG 7, série EMS n° 500, épaisseur 3 mm. 5:

Longueurs d'onde (μ)... ..	700	800	900	1000	1200
transmission %	0,00	0,08	0,38	0,70	0,70
Longueurs d'onde (μ).....	1400	1600	1800	2400	2600
transmission %	0,94	0,96	0,99	0,99	0,95

La courbe de transmission de ce filtre, en verre noir au marbre, a une pente beaucoup moins accentuée que celle du filtre RG 2; d'autre part, soumis longtemps à l'action du rayonnement solaire, il s'altère légèrement et présente sur sa surface externe quelques taches mordorées, par suite probablement d'une modification de la composition du verre, modification qui peut entraîner une variation du coefficient de transmissibilité.

Filtre bleu BG 7, série EMS, n° 500, épaisseur 3 mm. 3:

Longueurs d'onde (μ).....	325	350	375	400	450	475
transmission %	0,00	0,15	0,30	0,50	0,78	0,80
Longueurs d'onde (μ)	500	550	600	650	700	800
transmission %	0,75	0,46	0,12	0,02	0,00	0,00
Longueurs d'onde (μ)	1000	1100	1200	1400	1600	1800
transmission %	0,00	0,00	0,10	0,20	0,32	0,45
Longueurs d'onde (μ).....	2000	2200	2400	2600	2800	
transmission %	0,58	0,70	0,76	0,78	0,76	

Ce filtre, qui laisse passer une faible quantité d'énergie dans la zone ultraviolette et un pourcentage plus important dans la zone visible, est opaque pour une large bande de l'infrarouge. Ses caractéristiques ne permettent pas de mesures précises et nous ne les donnons qu'à titre indicatif.

Remarque

Nous n'avons pas tenu compte des pertes par réflexion sur les surfaces des filtres, nos mesures avec les filtres n'étant que des mesures de comparaison. A titre indicatif, pour le filtre RG 2, ces pertes atteignent 15 %.

Tube pyrhéliométrique

Ce tube se compose d'une cellule thermoélectrique de Delft, montée dans un tube à verre sphérocyindrique, qui concentre les rayons solaires sur une ligne correspondant exactement aux soudures actives, d'où une augmentation notable des déviations du galvanomètre et une grande rapidité de mise en équilibre.

Le tube pyrhéliométrique nous a servi à peu près exclusivement au contrôle des résultats obtenus avec les autres appareils.

Étalonnage des Appareils

Comme nous l'avons indiqué précédemment, les appareils de mesure de la radiation solaire ont été étalonnés en 1935 par BRAZIER, directeur de l'Observatoire du Parc Saint-Maur, par comparaison avec un pyrhéliomètre à disque d'argent.

Ils ont été réétalonnés dans les mêmes conditions en mai 1939.

1°) Pyrhéliomètre enregistreur, cellule n° 84.

L'intensité de la radiation est donnée par la formule :

$$I = C \alpha$$

avec une erreur inférieure à 0,5 %

désignant une constante, α étant l'ordonnée, en millivolts, corrigée d'après la position du zéro.

En 1935, la constante C était égale à 0,240.

En 1939, elle était égale à 0,246.

2°) Solarimètre avec tube pyrhéliométrique, cellule n° 34.

L'intensité de la radiation est donnée par la formule :

$$I = 0,0171 \Delta$$

avec une erreur maximum de $\pm 1 \%$.

Δ désigne la différence des mesures faites au galvanomètre, volet ouvert et volet fermé.

En 1939, la constante est devenue égale à 0,0176.

Disposition des Appareils

Les appareils de mesures au sol étaient généralement placés sur des piliers bien dégagés, sauf le pyrhéliomètre enregistreur installé à 20 mètres au-dessus du sol, sur la tourelle où se trouvent l'anémomètre et la girouette de la station météorologique.

Les mesures en avion étaient conduites de la façon suivante :

Le galvanomètre était fixé sur une feuille de caoutchouc clouée sur une planchette. Cette planchette reposait sur les genoux de l'observateur, lesquels constituaient un excellent amortisseur des vibrations, d'ailleurs à peu près insignifiantes, de la carlingue. Un niveau à bulle d'air permettait à chaque instant de vérifier l'horizontalité de l'installation.

En cours de vol, le pilote orientait l'avion de telle sorte

qu'au moment des mesures (de 1.000 mètres en 1.000 mètres), le soleil se trouvât toujours à gauche de l'observateur. Celui-ci tenait la cellule dans sa main gauche et il lui était facile, au moyen d'un viseur à trous, de la diriger très exactement sur le soleil.

Les mesures portaient successivement sur la radiation directe, sur la radiation filtrée par les écrans rouge, noir, bleu, bleu, noir, rouge, puis de nouveau sur la radiation directe.

L'ensemble de ces mesures demandait environ 1 minute.

Les écarts trouvés pour une même catégorie de mesure étant insignifiants, nous en avons conclu que la précision de ces mesures en altitude était sensiblement égale à la précision des mesures faites au sol avec le même appareil (solarimètre avec tube pyréliométrique).

Résultats

Nous avons admis que les variations de la constante de chacun des appareils sont proportionnelles au temps et nous en avons tenu compte dans les tableaux XV à XIX qui résument les résultats exprimés en calorigramme par centimètre carré et par minute dans l'échelle révisée de la Smithsonian Institute, et mettent en évidence les constatations suivantes :

1°) Pour des hauteurs solaires équivalentes ($h = 40^\circ - m = 1,55$) la radiation solaire passe par un maximum en décembre-janvier, alors que l'atmosphère atteint également son maximum de transparence.

Le facteur de trouble de Linke passe de 2,37 en janvier

à 3,95 en juin. Or, ce facteur englobe deux sources de troubles : le trouble dû aux poussières et le trouble dû à la vapeur d'eau. Comme l'humidité diminue fortement en juin, ce dernier trouble diminue; il faut donc conclure que la différence observée entre janvier et juin est uniquement due aux poussières (1).

2°) L'absorption de la radiation solaire par les couches basses de l'atmosphère (0 à 5.000 mètres) semble se manifester plus particulièrement sur les radiations de longueurs d'onde supérieures à 700 μ .

3°) La variation du coefficient de transmission au sol pour les différents mois de l'année, variation plus grande à Djibouti que dans la région parisienne. Cette variation s'atténue sensiblement avec l'altitude, son maximum est de 8 % au sol et il n'est plus que de 4 % à 5.000 mètres. Il est probable que cette différence est provoquée par l'absorption sélective de la vapeur d'eau sur les différentes radiations qui composent la radiation solaire.

4°) En examinant les courbes du graphique n° 6/7 (en abscisses les masses atmosphériques traversées par la radiation solaire et en ordonnées les logarithmes des valeurs de cette radiation), on remarque que ces deux courbes (janvier et juin), tout en se rapprochant assez bien de la ligne droite A B, conformément à la loi de Bouguer $I = I_0 a^m$ ne se confondent cependant pas avec elle, car la radiation solaire englobe de nombreuses radiations et la loi de Bouguer n'est rigoureusement exacte que pour des radiations monochromatiques.

(1) FAILLETAZ. Thèse Paris 1937 avait trouvé à Tamanrasset des différences beaucoup plus élevées, facilement explicables par l'intensité et la fréquence des vents de sable qui régnent dans cette partie du Sahara.

La plupart des constatations énoncées ci-dessus résultent de mesures en avion, mesures que nous avons déjà entreprises à Bangui (A. E. F.) et qui avaient également montré l'absorption de la radiation solaire par les couches de l'atmosphère (1).

Les mesures en avion sont très faciles, même avec des appareils courants, à condition toutefois de prendre quelques précautions particulièrement pour la lecture des indications du microampèremètre.

L'Ultra - Violet

Dans les régions tropicales, on attribue au soleil de nombreux accidents mortels. A Djibouti, les décès dus à la chaleur sont particulièrement nombreux et, par tradition coloniale, on les impute volontiers à l'intensité de la radiation solaire et au pourcentage élevé d'ultraviolet qu'elle contient.

Nous avons montré précédemment que le rayonnement solaire absolu n'était pas plus élevé à Djibouti que sur la plupart des autres points du globe et que la forte chaleur qui règne sur la Côte Somalie était dûe principalement à

(1) Ch. MAURAIN. Etude pratique des rayonnements solaire, atmosphérique et terrestre, p. 101. Annales de Physique du Globe de la France d'Outremer, décembre 1935, pages 161 et suivantes.

la longue durée d'insolation (2.226 heures par an contre 1837 à Paris), à la faiblesse du régime pluviométrique, aux vents et à l'aridité du sol.

Nous allons essayer maintenant de déterminer le pourcentage d'ultraviolet dans la radiation solaire.

Appareils

Pour ces mesures, nous avons utilisé simultanément une pile thermoélectrique de Moll et une cellule photoélectrique de Bernheim au cadmium (1), chacun de ces instruments étant muni d'un filtre U. V. de Bernheim dont les caractéristiques au départ (2) étaient les suivantes :

Bande de transmission principale de $3.000 \text{ \AA}$ à $3.800 \text{ \AA}$ avec un maximum de 92 % vers $3.500 \text{ \AA}$ et une bande de transmission secondaire vers $8.000 \text{ \AA}$. Nous avons déterminé l'importance de cette deuxième bande en superposant au filtre U. V. un deuxième filtre imperméable aux radiations de $8.000 \text{ \AA}$, la différence observée entre les résultats obtenus avec le filtre U. V. seul et les deux filtres superposés est pratiquement nulle.

La pile thermoélectrique a été plus spécialement uti-

(1) La cellule de Bernheim a une sensibilité maximum pour les radiations ultraviolettes et jusque vers $4900 \text{ \AA}$, elle est peu sensible pour les radiations de grandes longueurs d'onde (Pearsall et Ulllyot-Measurements of light for biological purposes, Nature, Vol. 131, n° 3315, p. 694).

(2) Lutge (variations de l'absorption des verres colorés Glastech. Ber. n° 7, 1932, p. 374) a montré que la longueur d'onde qui correspond au même pourcentage de transmissibilité peut varier et cela d'après une modification de la structure interne du verre.

lisée pour les essais au sol, l'intensité du rayonnement U. V. étant mesurée au moyen d'un galvanomètre à miroir. Ce galvanomètre shunté convenablement était également utilisé pour des mesures de la radiation directe avec la même pile de Moll, de telle sorte que les résultats obtenus (mesures de l'ultraviolet et mesures de la radiation directe) étaient directement comparables.

Pour les mesures en avion, nous avons employé exclusivement la cellule photoélectrique reliée à un milli-ampèremètre.

Les deux récepteurs (pile et cellule) ont été comparés à plusieurs reprises, au sol, pour des hauteurs différentes du soleil.

La pile thermoélectrique acquiert très rapidement son équilibre dès qu'elle est soumise à la radiation ultraviolette; il n'en est pas de même pour la cellule photoélectrique et il faut environ 15 secondes pour que l'aiguille du galvanomètre se stabilise. Nous avons définitivement adopté cet intervalle de temps pour toutes les mesures faites au moyen de la cellule de Bernheim.

Enfin, la transmission du filtre U. V. variant un peu avec la température, nous avons essayé de déterminer cette variation de la façon suivante :

Nous avons introduit le filtre dans une armoire frigorifique (le filtre était placé dans une boîte métallique pour éviter tout dépôt d'humidité); il a été ainsi porté à une température voisine de 0°; puis, le soleil étant voisin du zénith (distance zénithale $< 30^\circ$), nous avons effectué une série de mesures en notant soigneusement les heures. En admettant avec Backer (1) que l'élévation de

(1) Richard A. BACKER. Monthly weather review 64, 1936, p. 5.

température du filtre est d'environ 1° par minute et qu'il doit atteindre approximativement une température voisine de celle d'un thermomètre noirci placé au soleil (soit 36° lors de l'expérience), nous avons prolongé les mesures pendant 40 minutes et nous avons constaté que les résultats variaient de 2,2 % (valeur relative) entre le début et la fin des mesures, alors que la température du filtre passait de 0° à 36° . Donc la transmissibilité diminue légèrement quand la température du filtre s'élève. Cette variation étant assez faible et inférieure aux erreurs expérimentales, nous l'avons négligée. D'ailleurs, il convient de remarquer que les mesures au sol ont été faites pour des températures du filtre allant de 30° à 50° , ce qui correspondrait à une variation de 1,2 % dans les résultats. Pour les mesures en avion, l'écart est un peu plus grand. En effet, la température peut varier de 45° au sol (température sous abri) à -5° vers 5.000 mètres. En supposant, ce qui n'est pas rigoureusement certain, que la température du filtre refroidi par le courant d'air provoqué par le déplacement de l'avion s'équilibre avec la température de l'air (1), l'écart maximum serait de 50° , correspondant à une variation de 3 % dans les résultats (2).

Les mesures en avion ont été généralement faites pour des distances zénithales du soleil inférieures à 30° , sauf en décembre et en janvier.

(1) BACKER (loc. cit.) a montré que la température d'un filtre jaune ou rouge était la même en été qu'en hiver, mais qu'elle dépendait de l'intensité de la radiation solaire et de la vitesse du vent.

(2) Nous avons constaté, qu'après plusieurs mois d'usage, le filtre Bernheim s'altérait très légèrement et présentait de petites taches, comme le filtre RG 7.

Résultats

Nous avons consigné dans les tableaux XX et XXI les résultats de nos mesures d'ultraviolet au sol et en altitude.

L'examen de ces tableaux permet les constatations suivantes :

1°) Quelle que soit la saison et pour des jours clairs, la radiation ultraviolette de la radiation solaire ne dépend que de la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon. C'est d'ailleurs ce que Riemerschmidt (La radiation ultra-violette à Assuan (Haute-Egypte) - Strahlentherapie 46, p. 188, 1933 et MZ vol. 51, p. 197, 1934) avait constaté de décembre 1930 à mars 1931; nous avons étendu cette remarque aux autres mois de l'année.

2°) La hauteur du soleil exerce une influence considérable sur le pourcentage d'ultraviolet qui passe de 0,6 %, pour une hauteur solaire de 10° , à 3 % pour $h = 90^\circ$.

3°) La variation du pourcentage d'ultraviolet est particulièrement sensible pour les hauteurs du soleil inférieures à 25° : de 10° à 25° , il va de 0,6 à 2,1; de 25° au zénith, de 2,1 à 3,0 seulement.

Pour étudier cette variation de la radiation ultraviolette en fonction de la masse d'air traversée, nous avons tracé la courbe n° 8 obtenue en portant en abscisses les masses atmosphériques et en ordonnées le logarithme des intensités de la radiation. On constate que la courbe obtenue se rapproche sensiblement d'une droite, conformément à la loi de Bouguer. En rapprochant la courbe n° 8 des courbes n°s 6 et 7, on remarque que ces deux dernières s'éloignent beaucoup plus que la courbe

n° 8 de la ligne droite. En effet, la courbe n° 8 correspond à une radiation qui ne contient que quelques longueurs d'onde de la radiation solaire, tandis que les courbes 6 et 7 correspondent à toute la radiation solaire.

4°) Les valeurs de l'ultraviolet au sol, à Djibouti, ne diffèrent pas sensiblement de celles trouvées par Gorczynski à Nice (1). Il en résulte que, pour des hauteurs du soleil de mêmes valeurs, la radiation ultraviolette de la radiation solaire a les mêmes valeurs dans les régions tempérées et dans les régions tropicales (2).

5°) Le soleil étant proche du zénith, le pourcentage d'ultraviolet varie dans le rapport de 1 à 1,4 en passant du sol à 5.000 mètres d'altitude. On peut donc supposer que les couches basses de l'atmosphère, chargées d'humidité, exerce une action plus grande sur l'U. V. que sur les autres radiations. Il convient de remarquer que les mesures ont été faites par temps très clair, l'atmosphère n'étant pas souillée de poussières. D'ailleurs, celles-ci ne s'élèverait pas au-dessus de 2.000 mètres et on constate justement que la variation dans le pourcentage de l'U. V. se produit plus particulièrement entre le sol et cette altitude. Comme, d'autre part, nous avons montré qu'à Djibouti l'humidité due à la mer se faisait sentir jusqu'à 2.000 mètres, il est fort probable que l'absorption de la radiation ultraviolette soit précisément occasionnée par cette humidité.

(1) Annales de l'Institut d'actinologie T VII nr 1 et 2, pages 64 et 65.

(2) BUTNER (M. Z. Vol. 50, p. 489, 1933) a montré que la radiation ultraviolette de la radiation solaire a la même valeur à El Mizda (Sahara tripolitain) qu'en Europe Centrale.

Remarque

En mesurant la radiation ultraviolette de la radiation solaire, nous avons remarqué un phénomène intéressant et que nous croyons devoir signaler.

Le pyrhéliomètre, muni du filtre de Bernheim, étant dirigé sur le soleil et connecté au galvanomètre à miroir, celui-ci-accuse une certaine déviation, puis, sans cause apparente, brusquement, cette déviation augmente dans de notables proportions et, après un instant très court, l'aiguille de galvanomètre revient à sa position primitive.

Or, le ciel est resté clair et la valeur de la radiation directe, mesurée au pyrhéliomètre enregistreur, n'a subi aucune modification sensible.

Nous avons constaté ce phénomène à deux reprises :

1°) Le 7 novembre 1938, à 7 h. 30 G. M. T.

Valeur de la radiation directe : 1 cal. 35.

Valeur de la radiation ultraviolette : 0 cal. 035, puis 0 cal. 048, puis 0 cal. 036. L'augmentation a été de $37\frac{1}{2}\%$.

2°) Le 27 novembre 1938, à 8 h. 45 G. M. T.

Valeur de la radiation directe : 1 cal. 32.

Valeur de la radiation ultraviolette : 0 cal. 034, puis 0 cal. 041, puis 0 cal. 034. L'augmentation a été de 20 %.

On peut admettre que la radiation ultraviolette a subi instantanément un certain accroissement pouvant être dû à une éruption solaire de courte durée.

D'après une suggestion de Ch. MAURAIN, nous avons essayé de rapprocher ces résultats des mesures de l'Ultra-Violet faites au Mont Wilson (1). Malheureusement

(1) Ces mesures sont publiées par l'International Astronomical Union. Bulletin for character figures of solar phenomena (Eidgen. Sternwarte in Zürich).

pour l'une de ces dates (le 27 novembre), il n'y a pas eu de mesures de radiation ultraviolette et pour l'autre on n'a pas constaté, à cet Observatoire, d'accroissement anormal de l'ultraviolet.

Il convient cependant de remarquer que le 26 novembre 1938 on a noté, dans différents observatoires, une éruption solaire assez forte.

Dans un note, présentée le 15 mai 1939 à l'Académie des Sciences par Ch. MAURAIN (2), Jean COULOMB et Georges Dugast ont émis l'hypothèse de l'existence d'éruptions solaires donnant à la fois une émission ultraviolette et une émission corpusculaire occasionnant un orage magnétique.

Nous nous proposons de poursuivre ces recherches en essayant de mesurer, d'une façon continue, la radiation ultraviolette de la radiation solaire.

(2) C. R. Ac. Sc. Tome 208, p. 1559.

Conclusions

Nous avons montré que le climat de Djibouti est un climat de mousson caractérisé par une chaleur élevée et de faibles écarts de température.

L'humidité relative moyenne n'est pas très élevée, mais, en raison de la forte température, la tension de la vapeur d'eau dépasse à peu près constamment 20 mm. de mercure et atteint même quelquefois 40 mm., valeur très rarement observée sur la surface du globe.

Le régime des vents au sol est très régulier : de juin à septembre, la mousson d'été souffle du secteur ouest, de novembre à avril sévit la mousson d'hiver de même direction que les alizés (secteur est), mais beaucoup plus humide. En mai et en octobre, saisons intermédiaires, les changements de direction sont brusques et fréquents. Les vents locaux (Khamsin et vent de saba) abaissent à la fois le degré hygrométrique et la visibilité. Les alizés soufflent rarement, et, si cela vient à se produire, on remarque un abaissement notable de la température (1).

(1) En remontant la Mer Rouge, en hiver, on constate à la latitude de Port-Soudan la réapparition des alizés : le vent change alors de direction; jusque là de direction Est, il passe franchement au N.-E. et la température s'abaisse quelquefois de plus de dix degrés.

En altitude et pendant la saison torride, on retrouve quelquefois l'alizé septentrional plus ou moins dévié par un grand courant d'Est. Pendant l'hivernage, au-dessus de la mousson qui souffle fréquemment jusqu'à plus de 3.000 mètres, on retrouve l'alizé qui descend rarement jusqu'au sol. Enfin, au-dessus de l'alizé, un courant d'ouest assez violent paraît être le contre-alizé.

Le régime pluviométrique de Djibouti est essentiellement défini par son irrégularité : irrégularité des saisons pluvieuses, du nombre des jours de pluie et surtout du chiffre total des précipitations.

La nébulosité est relativement faible et l'insolation élevée.

Les perturbations atmosphériques violentes sont très rares et les tempêtes à peu près inconnues.

En résumé, le climogramme de Djibouti montre que cette ville jouit d'un climat pénible et difficilement supportable pour les individus de race blanche. Les séjours doivent être de courte durée, dans des conditions spéciales et indispensables de confort.

Au cours de cette étude, nous avons exposé les avantages que présentait la mesure de l'humidité spécifique des courants aériens pour déterminer l'identité de ces courants.

Les sondages en avion ont permis non seulement une étude plus approfondie de l'atmosphère, mais aussi de nombreuses mesures de la radiation solaire directe et de la radiation ultra-violette et par celà des comparaisons avec les résultats obtenus au sol.

Nous avons ainsi caractérisé l'absorption sélective qu'exerce une couche d'air sur la radiation solaire directe : l'absorption, principalement dûe à la vapeur

d'eau contenue dans les radiations de couches basses de l'atmosphère, s'exerce surtout sur les grandes longueurs d'ondes.

Nous avons montré que le pourcentage d'ultraviolet dans la radiation solaire directe était le même à Djibouti qu'en Europe et qu'il était en relation directe avec la hauteur du soleil.

La radiation ultraviolette de la radiation solaire augmente assez régulièrement avec l'altitude, et l'absorption de cette radiation, jusqu'à 5.500 mètres, semble directement proportionnelle à l'épaisseur de la couche d'air traversée.

La radiation ultraviolette est soumise à des variations brusques et sans cause atmosphérique apparente; l'accroissement peut atteindre 40 % de la valeur primitivement observée.

TABLEAU 1

Température moyennes annuelles

1900	30° 1	1901	30° 3	1902	29° 9	1903	29° 4
1904	28° 3	1905	28° 4	1906	29° 9	1907	30° 5
1908	29° 9	1909	30° 5	1910	29° 9	1911	29° 7
1912	29° 5	1913	29° 5	1914	30° 4	1915	30° 7
1916	29° 3	1917	28° 9	1918	28° 5	1919	30° 7
1920	29° 3	1921	29° 6	1922	29° 0	1923	29° 7
1924	29° 7	1925	29° 1	1926	29° 8	1927	29° 5
1928	29° 3	1929	29° 4	1930	29° 3	1931	29° 8
1932	29° 2	1933	30° 0	1934	29° 9	1935	30° 5
1936	29° 2	1937	30° 4	1938	30° 5		

Moyenne générale de 39 années : 29° 7.

Années extrêmes	{	minimum : 28° 3 en 1904.
		(écart - - 1° 4)
		maximum : 30° 7 en 1915 et en 1919.
		(écart + 1°).

TABLEAU II (Année 1938)

MOIS	Moyenne calculée	Moyenne intégrale	Ecart
Janvier	26° 4	25° 2	+ 1,2
Février	26° 8	25° 8	+ 1,0
Mars	28° 5	27° 2	+ 1,3
Avril	29° 6	28° 6	+ 1,0
Mai	32° 3	31° 3	+ 1,0
Juin	35° 4	33° 9	+ 1,5
Juillet	35° 8	34° 3	+ 1,5
Août	34° 2	32° 6	+ 1,6
Septembre	32° 8	31° 6	+ 1,2
Octobre	30° 4	30° 2	+ 0,2
Novembre	27° 8	27° 2	+ 0,6
Décembre	26° 2	25° 5	+ 0,7
Moyennes	30° 5	29° 4	+ 1,1

TABLEAU III

Minima et maxima absolus de température avec leurs dates entre 1900 et 1938

ANNÉES	Minima absolus	Maxima absolus
1900	20° 8 le 30 décembre	41° 5 le 29 août
1901	22° 2 le 13 février	39° 0 le 9 juillet
1902	21° 0 le 1 ^{er} janvier	41° 0 le 15 juillet
1903	21° 5 le 23 décembre	41° 2 le 24 juillet
1904	21° 0 le 10 février	41° 0 le 17 août
1905	19° 0 le 9 janvier	39° 3 le 21 juillet
1906	22° 5 le 1 ^{er} février	39° 5 le 10 juillet
1907	22° 5 le 21 janvier	39° 5 le 1 ^{er} août
1908	22° 0 le 23 février	42° 2 le 21 juin
1909	20° 8 le 2 décembre	46° 6 le 7 juin
1910	19° 0 le 31 décembre	44° 1 le 30 juin
1911	19° 1 le 17 février	45° 2 le 19 juin
1912	18° 4 le 24 novembre	44° 7 le 5 juillet
1913	20° 2 le 4 décembre	44° 5 le 23 juillet
1914	20° 5 le 5 février	45° 8 le 19 août
1915	19° 0 le 27 décembre	47° 3 le 1 ^{er} juillet
1916	18° 5 le 9 février	45° 0 le 26 juin
1917	21° 0 le 31 octobre	40° 5 le 23 août
1918	21° 0 le 17 janvier	40° 2 le 15 août
1919	22° 0 le 1 ^{er} décembre	41° 3 le 4 août
1920	21° 0 le 24 octobre	42° 0 le 18 juillet
1921	22° 0 le 16 décembre	41° 9 le 8 juin
1922	20° 8 le 19 janvier	42° 0 le 9 juillet
1923	21° 2 le 17 janvier	42° 2 le 18 juillet
1924	21° 0 le 3 janvier	43° 0 le 29 juillet
1925	21° 0 le 30 janvier	43° 2 le 22 juillet
1926	20° 5 le 31 décembre	43° 0 le 13 juillet
1927	21° 0 le 18 janvier	46° 0 le 21 juin
1928	19° 0 le 29 décembre	42° 0 le 11 juillet
1929	19° 8 le 5 janvier	41° 0 le 8 août
1930	20° 0 le 10 février	44° 5 le 28 juillet
1931	19° 5 le 15 décembre	44° 5 le 23 juillet
1932	19° 5 le 4 février	43° 0 le 15 août
1933	19° 0 le 20 décembre	44° 2 le 15 août
1934	19° 0 le 23 janvier	49° 5 le 22 juillet
1935	20° 1 le 24 février	44° 0 le 24 juillet
1936	21° 0 le 8 décembre	42° 5 le 17 juillet
1937	20° 8 le 25 décembre	47° 0 le 25 juillet
1938	19° 5 le 10 février	45° 5 le 11 juin

Moyenne des maxima : 43° 1.

Moyenne des minima : 20° 5.

Maximum maximorum : 49° 5 le 22 juillet 1934

(écart + 6° 4)

Maximum minimorum : 18° 4 le 24 novembre 1912

(écart — 2° 1)

TABLEAU IV

MOIS	Ecart	
	Moyenne de la température	entre les minimas moyens et les maximas moyens
Janvier	25° 5	5° 3
Février	25° 9	4° 4
Mars	26° 9	4° 7
Avril	28° 9	5° 1
Mai	30° 8	6° 1
Juin	33° 9	8° 2
Juillet	34° 9	9° 2
Août	34° 0	8° 7
Septembre	32° 2	6° 4
Octobre	29° 3	5° 4
Novembre	27° 5	5° 6
Décembre	25° 8	5° 8
Moyenne	29° 3	7° 1

TABLEAU V

**Nombre de jour ou la température
a atteint ou dépassé 40°**

ANNÉE	Mois de					Total
	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	
1900	0	1	10	1	0	12
1901	0	0	7	2	0	9
1902	0	0	6	0	0	6
1903	0	1	3	1	0	5
1904	0	0	2	2	0	4
1905	0	0	0	0	0	0
1906	0	0	0	0	0	0
1907	0	0	0	0	0	0
1908	0	7	11	0	0	18
1909	0	14	20	8	1	43
1910	0	9	13	7	10	39
1911	3	14	17	12	9	55
1912	0	16	19	17	2	54
1913	0	9	21	15	0	45
1914	0	12	26	26	11	75
1915	0	12	21	17	14	64
1916	2	15	7	15	0	39
1917	0	1	3	2	0	6
1918	0	3	0	1	0	4
1919	0	5	1	4	0	10
1920	0	0	5	0	0	5
1921	0	6	12	2	1	21
1922	0	6	25	5	0	36
1923	0	8	19	10	2	39
1924	0	14	20	14	0	48
1925	0	14	15	5	1	35
1926	0	7	18	9	0	34
1927	0	5	18	10	1	34
1928	0	9	9	9	1	28
1929	0	0	7	6	0	13
1930	0	10	22	17	2	51
1931	0	2	17	16	1	36
1932	0	4	9	7	2	22
1933	0	10	22	14	6	52
1934	0	11	20	8	7	46
1935	0	15	26	13	11	65
1936	1	11	20	2	1	35
1937	0	7	29	15	7	58
1938	1	19	19	10	5	54

Moyenne annuelle : 30,7 jours.

Maxima	{	mai : 3 jours en 1911.
		juin : 19 jours en 1930.
		juillet : 29 jours en 1937.
		août : 26 jours en 1914.
		septembre : 14 jours en 1915.
Moyennes mensuelles	{	mai : 0,2 jours.
		juin : 7,0 jours.
		juillet : 13,3 jours.
		Août : 7,7 jours.
		Septembre : 2,5 jours.

TABEAU VI

Pression atmosphérique (en millibars)

	Matin		Soir		moyenne	variât.
	mini.	maxi.	mini.	maxi.		
Janvier	1013.0	1015.7	1012.1	1014.1	1013.7	3.6
Février	1011.7	1015.4	1010.7	1013.0	1012.7	4.7
Mars	1009.9	1012.7	1008.9	1011.0	1010.6	3.8
Avril	1007.9	1011.1	1007.0	1009.5	1008.8	4.1
Mai	1005.0	1007.5	1003.6	1006.0	1005.5	3.9
Juin	1001.9	1003.8	1000.1	1004.4	1002.5	3.7
Juillet	1001.0	1004.4	995.0	1002.0	1000.8	8.8
Août	1002.4	1004.9	999.0	1003.1	1002.3	5.9
Septembre ..	1004.9	1007.8	1002.8	1006.1	1005.4	5.0
Octobre	1010.8	1013.1	1009.1	1012.3	1011.5	3.3
Novembre ..	1013.2	1015.1	1012.7	1015.0	1014.0	2.4
Décembre ..	1013.2	1015.5	1012.4	1014.5	1013.9	3.1

Moyenne : 1008.5

TABEAU VII

Visibilité horizontale (en kilomètres)

	7 heures	12 heures	17 heures	Moyennes
Janvier	21	24	31	25
Février	22	25	28	25
Mars	22	26	27	25
Avril	26	30	31	29
Mai	31	34	31	32
Juin	19	20	19	19
Juillet	19	20	18	19
Août	27	30	25	27
Septembre	26	32	28	29
Octobre	36	40	40	39
Novembre	35	38	36	36
Décembre	28	35	36	33
Moyennes	26	29	29	28

TABLEAU VIII

Nébulosité

	Maxima	Minima	Moyennes
Janvier	6.8	3.6	5.2
Février	7.3	3.8	5.5
Mars	6.5	3.1	4.8
Avril	4.7	2.4	3.5
Mai	5.2	2.1	3.6
Juin	5.6	2.0	3.8
Juillet	6.7	2.8	4.7
Août	6.2	2.8	4.5
Septembre	5.2	1.8	4.5
Octobre	4.6	2.0	3.3
Novembre	4.7	2.3	3.5
Décembre	5.8	2.6	4.2
Moyenne	5.8	2.6	4.2

TABLEAU IX

Moyennes mensuelles de l'évaporation (en m m)

Janvier	108,5
Février	101
Mars	118
Avril	123
Mai	158
Juin	291
Juillet	297
Août	220
Septembre	174
Octobre	139,5
Novembre	114
Décembre	102

Moyenne quotidienne : 5,3.

Maximum en une journée : 13,4.

TABLEAU X

Hauteurs d'eau annuelles de 1904 à 1938

ANNÉES	Hauteurs d'eau	Nombre de jours de pluie	ANNÉES	Hauteurs d'eau	Nombre de jours de pluie
1904	144,1	14	1922	125,0	9
1905	140,4	18	1923	84,0	13
1906	112,5	11	1924	100,0	9
1907	58,3	12	1925	241,0	21
1908	104,8	17	1926	244,5	31
1909	45,7	10	1927	203,5	9
1910	240,5	14	1928	86,5	3
1911	250,4	26	1929	59,0	15
1912	68,5	24	1930	204,4	34
1913	143,7	14	1931	25,3	12
1914	109,0	17	1932	218,2	25
1915	26,2	16	1933	118,5	19
1916	231,9	18	1934	181,8	19
1917	237,0	8	1935	109,0	11
1918	10,4	4	1936	66,5	13
1919	115,5	13	1937	282,0	23
1920	122,7	16	1938	52,7	16
1921	56,3	15			

Moyenne { Hauteur d'eau annuelle : 131 mm. 9.
générale { Nombre de jours de pluie : 15,6.

Extrêmes { Hauteur d'eau { minimum : 10 mm. 4 en
1918.
maximum : 282 mm. en
1937.
Nombre de { minimum : 3 jours en 1928
jours de pluie { maximum : 34 j. en 1930

TABLEAU XI

Moyennes mensuelles des chutes de pluie

MOIS	Hauteurs d'eau en mm.	Nombre de jours de pluie	Maximum depuis 1900
Janvier	11,3	2,9	71,0 mm. pour 17 jours de pluie en 1930
Février	13,4	1,9	155,2 mm. pour 8 jours de pluie en 1926
Mars	22,0	2,0	211,3 mm. pour 5 jours de pluie en 1910
Avril	15,5	1,4	181,5 mm. pour 6 jours de pluie en 1927
Mai	4,7	0,5	41,0 mm. pour 3 jours de pluie en 1932
Juin	Pas de pluie en juin depuis 1900.		
Juillet	3,7	0,7	26,3 mm. pour 3 jours de pluie en 1916
Août	10,9	1,3	78,0 mm. pour 2 jours de pluie en 1917
Septembre	10,6	0,8	100,0 mm. pour 1 jour de pluie en 1917
Octobre	6,7	0,7	61,9 mm. pour 5 jours de pluie en 1914
Novembre	20,8	1,6	158,4 mm. pour 8 jours de pluie en 1934
Décembre	12,0	2,0	82,6 mm. pour 5 jours de pluie en 1930

Chute maximum observée depuis 1900 : 162 mm. le 18 mars 1910.

TABLEAU XII

Etat hygrométrique moyen

MOIS —	Humidité relative			Tension de la vapeur d'eau en mm. de mercure			
	min.	maxim.	moy.	7 h.	12 h.	17 h.	moy.
Janvier	69 %	92 %	80 %	19,2	20,5	21,2	20,3
Février	70 %	92 %	81 %	20,9	20,7	21,3	20,9
Mars	70 %	90 %	80 %	22,0	23,0	23,0	22,7
Avril	62 %	90 %	76 %	25,4	23,9	25,2	21,8
Mai	53 %	86 %	70 %	24,5	25,0	27,0	25,5
Juin	34 %	80 %	57 %	24,1	25,9	26,8	26,6
Juillet	26 %	80 %	53 %	22,9	23,8	26,4	24,3
Août	37 %	87 %	62 %	24,1	24,5	25,7	24,8
Septembre ..	45 %	85 %	65 %	25,9	27,1	28,6	27,2
Octobre	57 %	78 %	68 %	22,8	25,1	20,0	22,6
Novembre ..	62 %	81 %	72 %	20,8	22,8	22,3	22,0
Décembre ..	63 %	90 %	77 %	19,4	20,4	20,4	20,1
Moyennes ..	54 %	86 %	70 %	22,5	23,5	24,0	23,1

Humidité relative { moyenne : 70 %.
 minimum : 9 %, les 30 juin 1936,
 7 juin et 7 juillet 1938.
 maximum : 100 %, très fréquem-
 ment en décembre, janvier, février
 et mars.

Tension moyenne de la vapeur d'eau : 23 mm. 4.

TABEAU XIII

Durée d'insolation pour chaque heure de la journée
(en minutes)

Heures		Heures		Heures	
5-6	1 m.	10-11	40 m.	15-16	35 m.
6-7	3 m.	11-12	43 m.	16-17	23 m.
7-8	19 m.	12-13	44 m.	17-18	8 m.
8-9	31 m.	13-14	41 m.	18-19	2 m.
9-10	37 m.	14-15	39 m.	19-20	0 m.

TABEAU XIV

Durées moyennes d'insolation
pour chaque mois de l'année (en heures)

Janvier	133 heures
Février	142 —
Mars	166 —
Avril	188 —
Mai	212 —
Juin	242 —
Juillet	231 —
Août	221 —
Septembre	198 —
Octobre	182 —
Novembre	165 —
Décembre	146 —

TABLEAU XV

**Variation de la radiation solaire
pour différentes hauteurs du soleil
et pour chacun des mois de l'annés**

MOIS	Hauteur du soleil								
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Janvier ..	1,01	1,26	1,30	1,37	1,40				
Février ..	1,00	1,13	1,28	1,35	1,40				
Mars	0,98	1,00	1,22	1,29	1,35	1,40	1,42		
Avril ...	0,94	1,04	1,20	1,26	1,32	1,40	1,42	1,48	
Mai	0,92	1,06	1,20	1,26	1,38	1,40	1,40	1,42	
Juin	0,86	1,00	1,16	1,20	1,30	1,31	1,31	1,32	1,32
Juillet ..	0,88	1,02	1,16	1,24	1,32	1,33	1,34	1,35	1,35
Août	0,92	1,16	1,20	1,26	1,38	1,38	1,40	1,40	
Septembre	0,90	1,12	1,20	1,28	1,35	1,36	1,38		
Octobre ..	0,94	1,20	1,26	1,34	1,40	1,42			
Novembre	0,94	1,18	1,29	1,33	1,37	1,37			
Décembre	0,98	1,22	1,30	1,35	1,40				

TABLEAU XVI

**Variation de la transparence de l'atmosphère
calculée pour $h=40$, $m=1,55$**

Janvier	0,75
Février	0,75
Mars	0,70
Avril	0,69
Mai	0,69
Juin	0,66
Juillet	0,67
Août	0,69
Septembre	0,70
Octobre	0,73
Novembre	0,72
Décembre	0,75

TABLEAU XVII

**Variation de la transparence
pour différentes altitudes ($h^0=50^0$, $m=1,30$)**

(Résultats de mesures faites en avion)

MOIS	ALTITUDES					
	Sol	1000 m.	2000 m.	3000 m.	4000 m.	5000 m.
Mars.....	0,66	0,69	0,75	0,79	0,85	0,90
Mai.....	0,67	0,72	0,75	0,79	0,84	0,88
Juin.....	0,62	0,67	0,72	0,79	0,83	0,87
Août.....	0,67	0,70	0,74	0,80	0,85	0,91
Octobre...	0,70	0,72	0,79	0,84	0,86	0,91
Décembre.	0,70	0,72	0,76	0,85	0,89	0,91

TABLEAU XVIII

**Comparaison des valeurs de la radiation solaire
au sol et en altitude ($m < 1,20$)**

R_d , R_R , R_N désignent respectivement les valeurs de la radiation directe et de la radiation filtrée par les écrans RG2 et RG7.

A le rapport de la radiation filtrée RG2 à la constante solaire (1,94 calories).

B le rapport de la radiation filtrée RG7 à la constante solaire (1,94 calories).

P le pourcentage d'absorption de la radiation directe.

Mois de Mars

ALTITUDES	R_d	R_R	R_N	P	A	B
Sol	1,28	0,62	0,35	34 %	35 %	18 %
1.000 m. . .	1,35	0,62	0,35	30 %	35 %	18 %
2.000 m. . .	1,47	0,77	0,40	24 %	40 %	21 %
3.000 m. . .	1,55	0,85	0,45	20 %	44 %	23 %
4.000 m. . .	1,65	0,89	0,46	15 %	46 %	24 %
5.000 m. . .	1,74	0,97	0,46	10 %	50 %	25 %

Mois de Mai

Sol	1,32	0,62	0,35	32 %	32 %	18 %
1.000 m. . .	1,40	0,62	0,35	28 %	34 %	18 %
2.000 m. . .	1,47	0,77	0,40	24 %	39 %	21 %
3.000 m. . .	1,53	0,85	0,45	21 %	44 %	23 %
4.000 m. . .	1,63	0,86	0,46	16 %	47 %	24 %
5.000 m. . .	1,71	0,89	0,47	12 %	52 %	25 %

Mois de Juin

Sol	1,21	0,62	0,35	38 %	31 %	18 %
1.000 m. . .	1,34	0,65	0,35	31 %	33 %	18 %
2.000 m. . .	1,43	0,72	0,40	26 %	37 %	22 %
3.000 m. . .	1,54	0,79	0,45	20 %	40 %	23 %
4.000 m. . .	1,62	0,85	0,46	17 %	43 %	24 %
5.000 m. . .	1,66	0,89	0,47	15 %	46 %	25 %
5.500 m. . .	1,70	0,93	0,48	10 %	47 %	26 %

Mois d'Août

ALTITUDES	R _d	R _l	R _N	P	A	B
Sol	1,32	0,62	0,35	32 ‰	31 ‰	18 ‰
1.000 m. . .	1,36	0,64	0,37	30 ‰	31 ‰	19 ‰
2.000 m. . .	1,45	0,71	0,38	25 ‰	37 ‰	20 ‰
3.000 m. . .	1,57	0,77	0,40	19 ‰	40 ‰	22 ‰
4.000 m. . .	1,65	0,89	0,45	15 ‰	46 ‰	24 ‰
5.000 m. . .	1,72	0,97	0,47	11 ‰	50 ‰	25 ‰

Mois d'Octobre

Sol	1,36	0,64	0,35	30 ‰	34 ‰	18 ‰
1.000 m. . .	1,41	0,75	0,35	27 ‰	38 ‰	18 ‰
2.000 m. . .	1,52	0,80	0,40	21 ‰	41 ‰	21 ‰
3.000 m. . .	1,63	0,90	0,45	16 ‰	46 ‰	23 ‰
4.000 m. . .	1,67	0,95	0,45	14 ‰	49 ‰	23 ‰
5.000 m. . .	1,78	1,05	0,55	8 ‰	54 ‰	28 ‰

Mois de Décembre

Sol	1,36	0,67	0,35	30 ‰	35 ‰	18 ‰
1.000 m. . .	1,43	0,73	0,37	26 ‰	38 ‰	19 ‰
2.000 m. . .	1,55	0,77	0,40	20 ‰	40 ‰	22 ‰
3.000 m. . .	1,65	0,85	0,45	15 ‰	44 ‰	23 ‰
4.000 m. . .	1,72	0,89	0,47	11 ‰	46 ‰	25 ‰
5.000 m. . .	1,78	0,97	0,48	8 ‰	50 ‰	26 ‰

Valeurs moyennes de P, A et B pour différentes altitudes

Altitudes	P	A	B
Sol	35 ‰	33 ‰	18 ‰
1.000 m.	29 ‰	35 ‰	18 ‰
2.000 m.	23 ‰	39 ‰	21 ‰
3.000 m.	18 ‰	43 ‰	23 ‰
4.000 m.	15 ‰	46 ‰	24 ‰
5.000 m.	11 ‰	50 ‰	28 ‰

— — — —

TABLEAU XIX

**1° Valeurs maxima observées de la radiation solaire
pour chacun des mois de l'année**

(Observations faites à 12 heures locales)

Janvier	1,54
Février	1,48
Mars	1,48
Avril	1,43
Mai	1,32
Juin	1,27
Juillet	1,33
Août	1,33
Septembre	1,36
Octobre	1,42
Novembre	1,47
Décembre	1,52

**2° Valeurs du facteur de trouble de Linke
calculées d'après les valeurs maxima
de la radiation solaire pour chacun des mois de l'année**

(Observations faites à 12 heures locales)

Janvier	2,37
Février	2,76
Mars	2,76
Avril	3,07
Mai	3,87
Juin	3,95
Juillet	3,86
Août	3,86
Septembre	3,58
Octobre	3,15
Novembre	2,85
Décembre	2,45

TABLEAU XX

**Variations du pourcentage d'ultraviolet
dans la radiation solaire**
(filtre Bernheim perméable de 2900 Å à 3900 Å)

MOIS	Hauteur du soleil											
	10°	15°	20°	25°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	
Janvier ..	0,6	1,0	1,6	2,1	2,2	2,3	2,4					
Février ..	0,6	1,0	1,6	2,1	2,2	2,3	2,4					
Mars	0,6	1,0	1,6	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7			
Avril	0,6	1,0	1,6	2,1	2,3	2,4	2,4	2,6	2,7	2,9		
Mai	0,6	0,8	1,6	2,2	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,9	3,0	
Juin	0,5	0,9	1,6	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,0	3,0	
Juillet ...	0,6	1,0	1,6	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	3,0	3,1	
Août	0,6	1,0	1,6	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	3,0		
Septembre	0,6	1,0	1,6	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5				
Octobre ..	0,6	1,0	1,6	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5				
Novembre	0,6	1,0	1,6	2,1	2,2	2,3	2,6					
Décembre	0,6	1,0	1,6	2,1	2,1	2,3	2,6					
Moyennes	0,6	1,0	1,6	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	3,0	3,0	

TABLEAU XXI

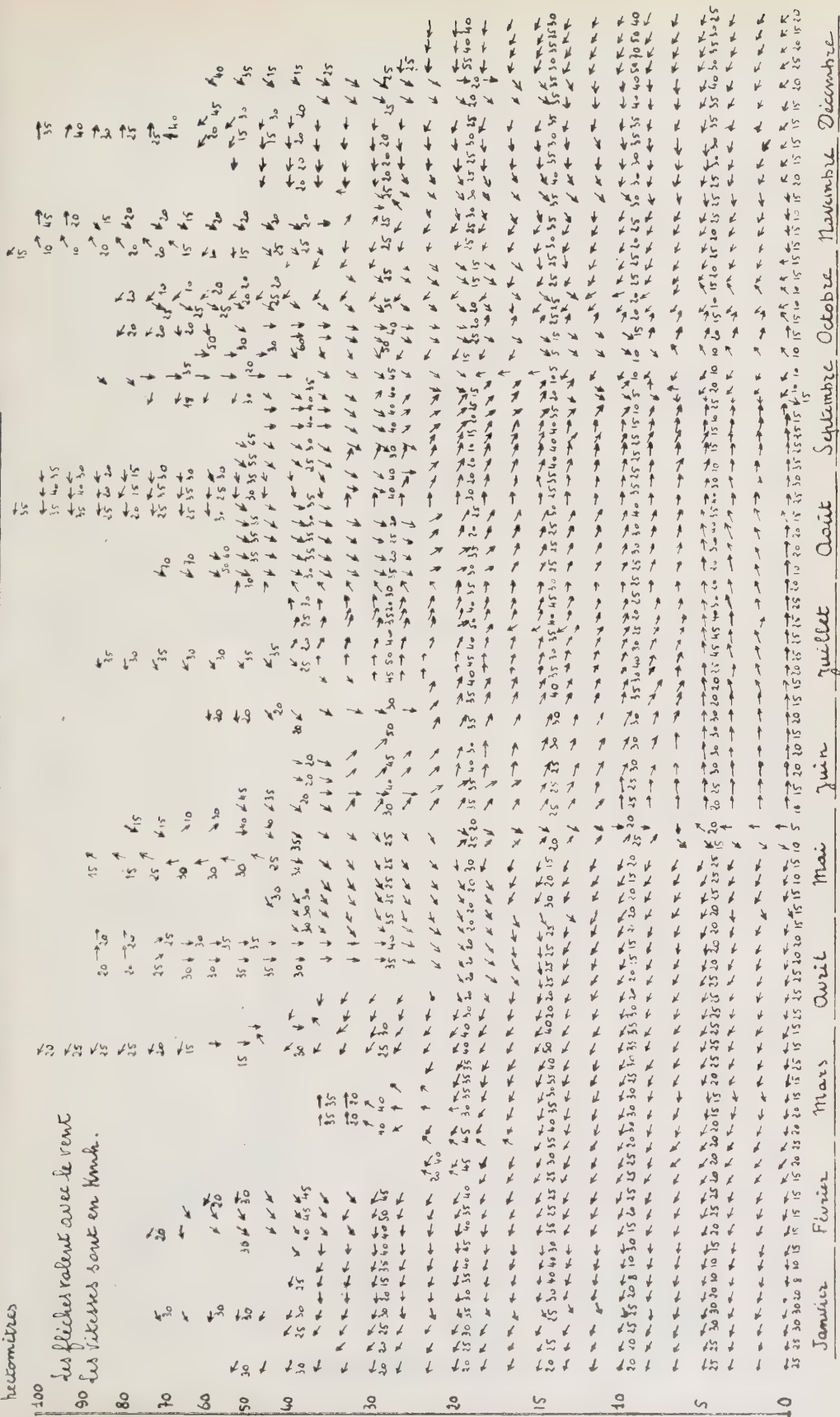
**Variations moyennes du pourcentage d'ultraviolet
avec l'altitude (m = 1,15)**

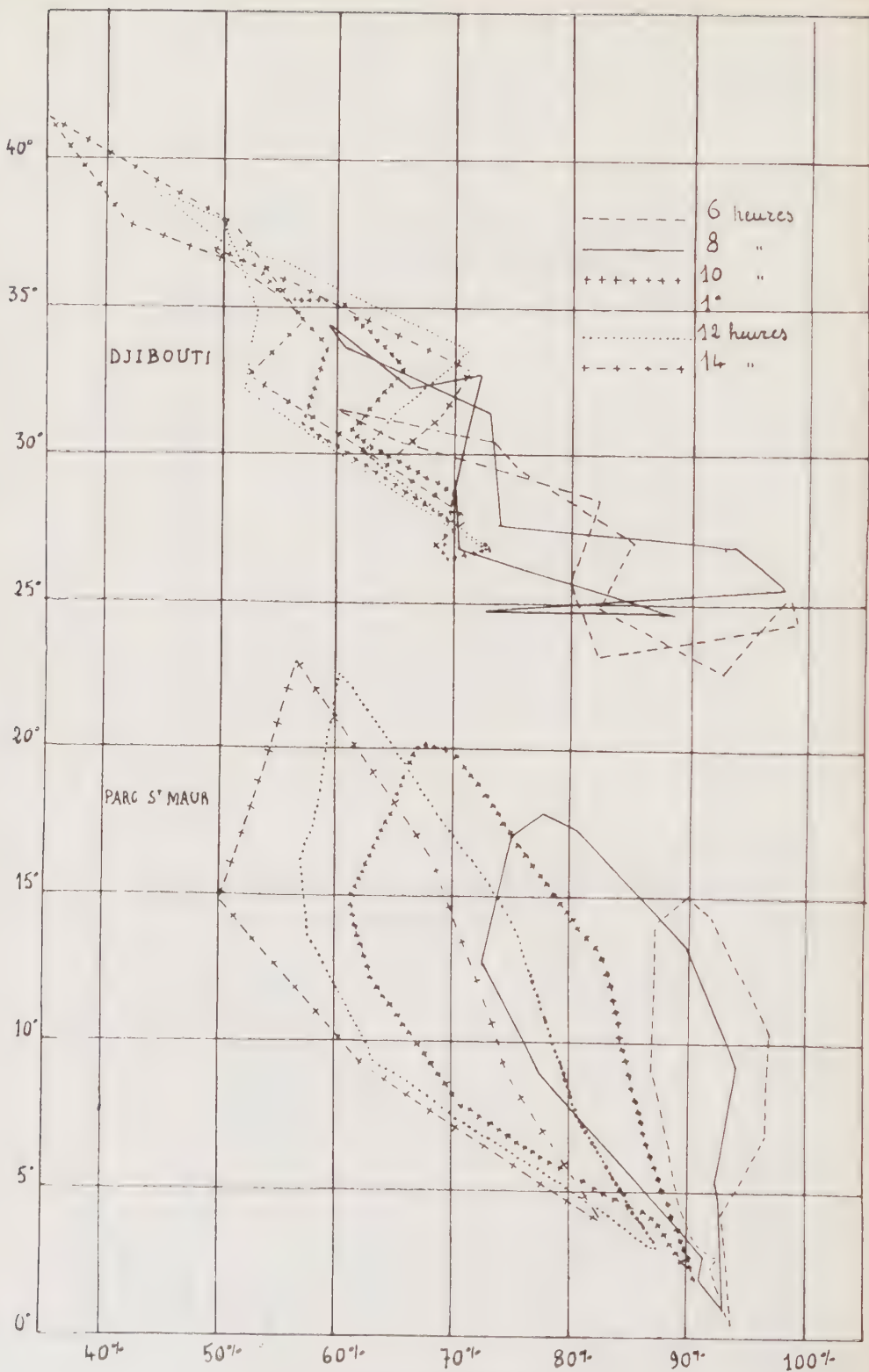
Altitude	Radiation directe	Radiation ultraviolette (°/°)
Sol	1,33	2,7 %
1.000 m. ..	1,39	2,9 %
2.000 m. ..	1,50	3,0 %
3.000 m. ..	1,62	3,3 %
4.000 m. ..	1,65	3,5 %
5.000 m. ..	1,73	3,8 %
5.500 m. ..	1,73	3,9 %

directions et vitesses moyennes des vents a diverses

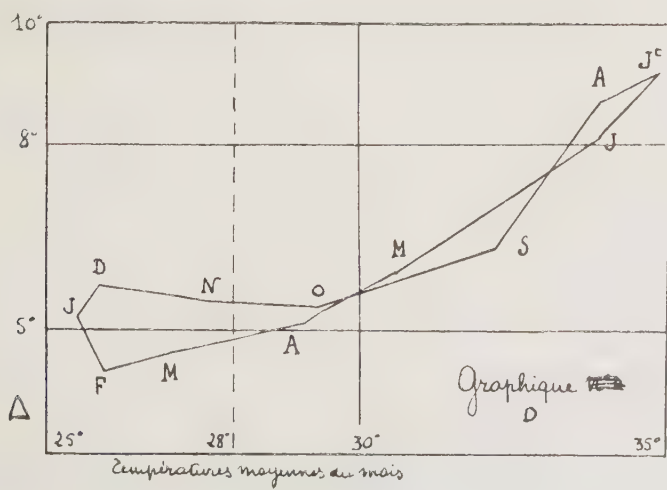
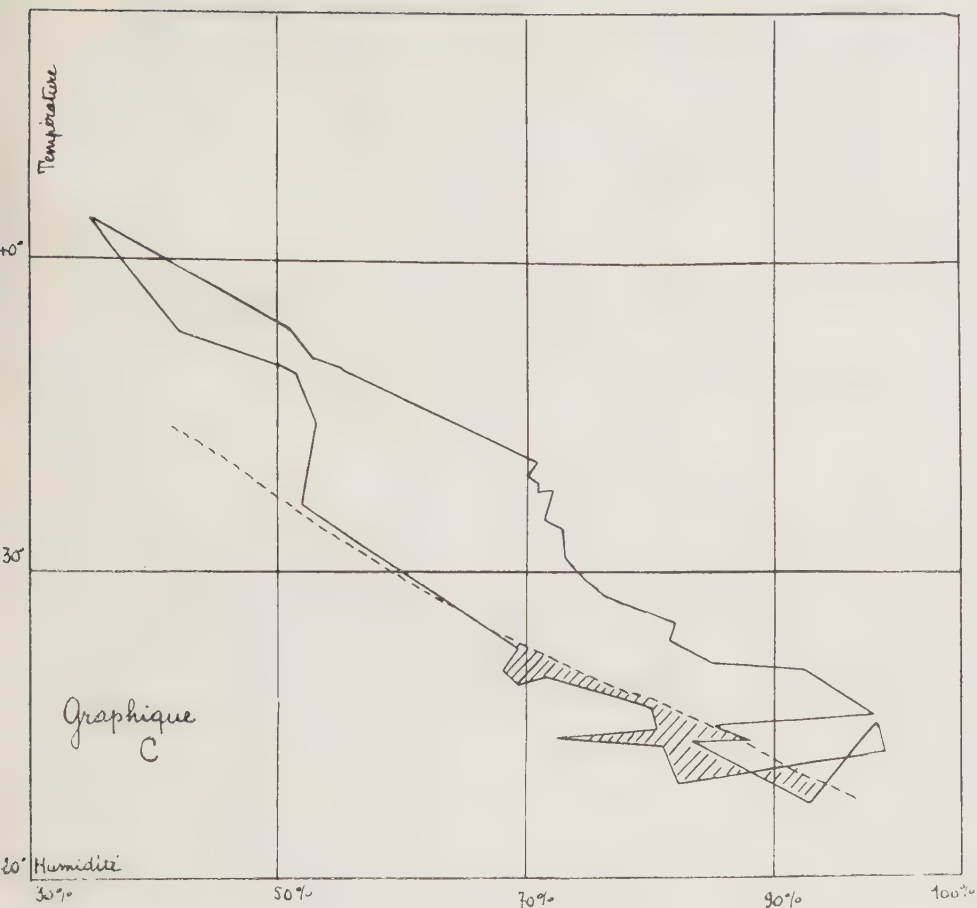
Altitudes en
hectometres

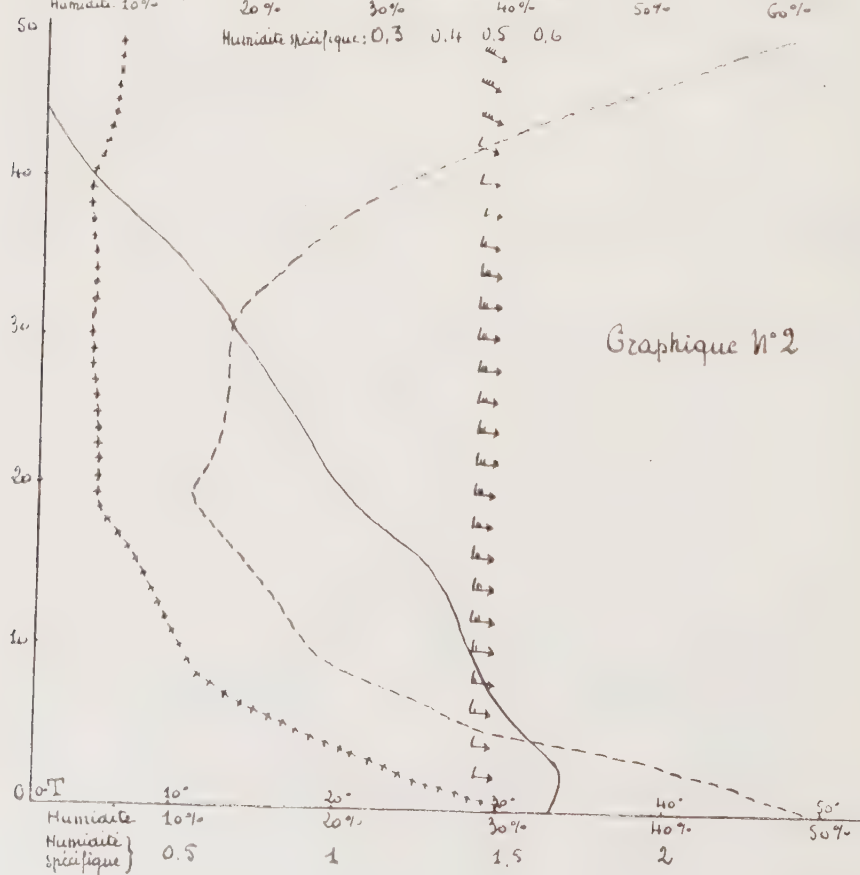
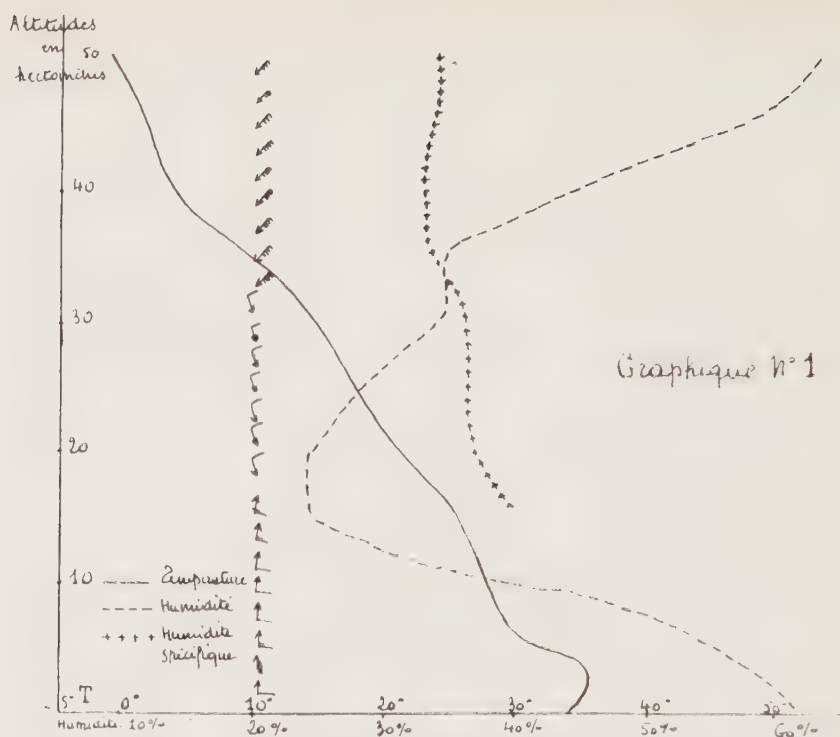
Les fleches valent avec le vent
Les vitesses sont en Km/h.



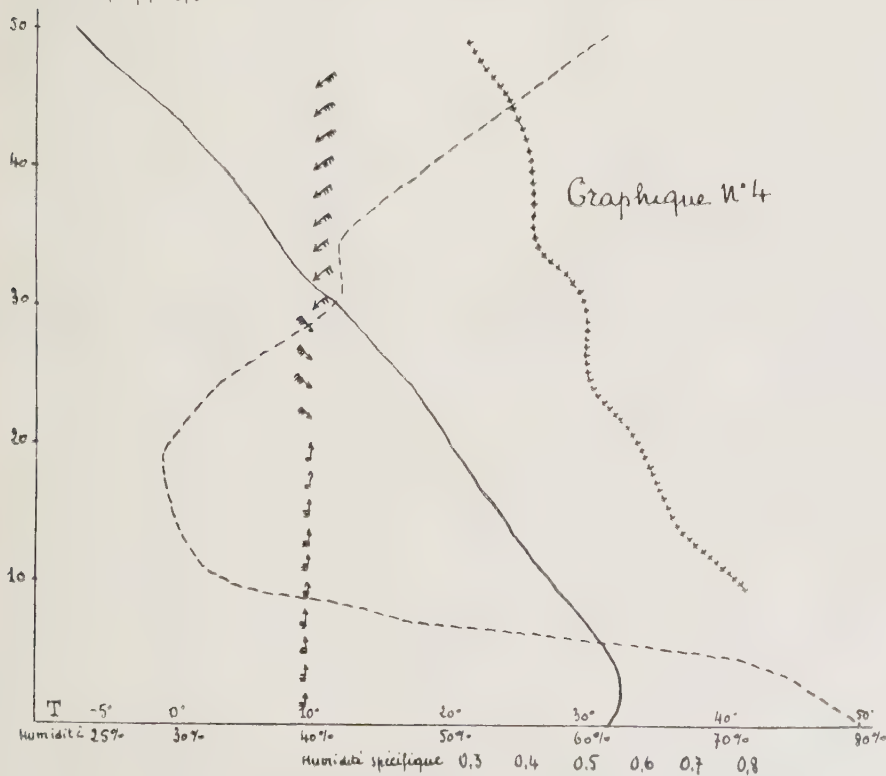
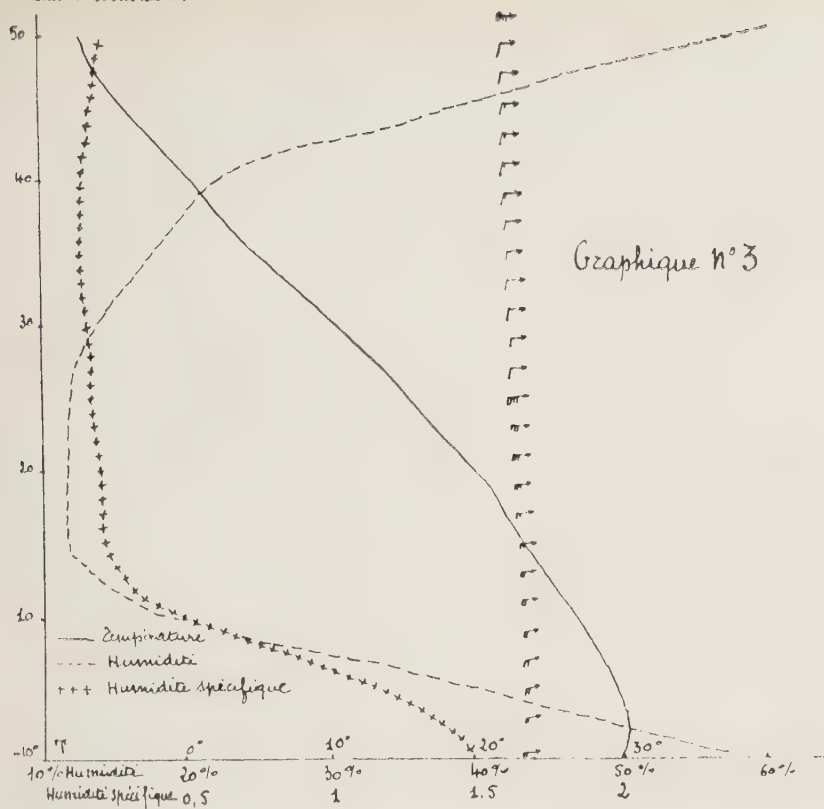


CLIMOGRAMMES



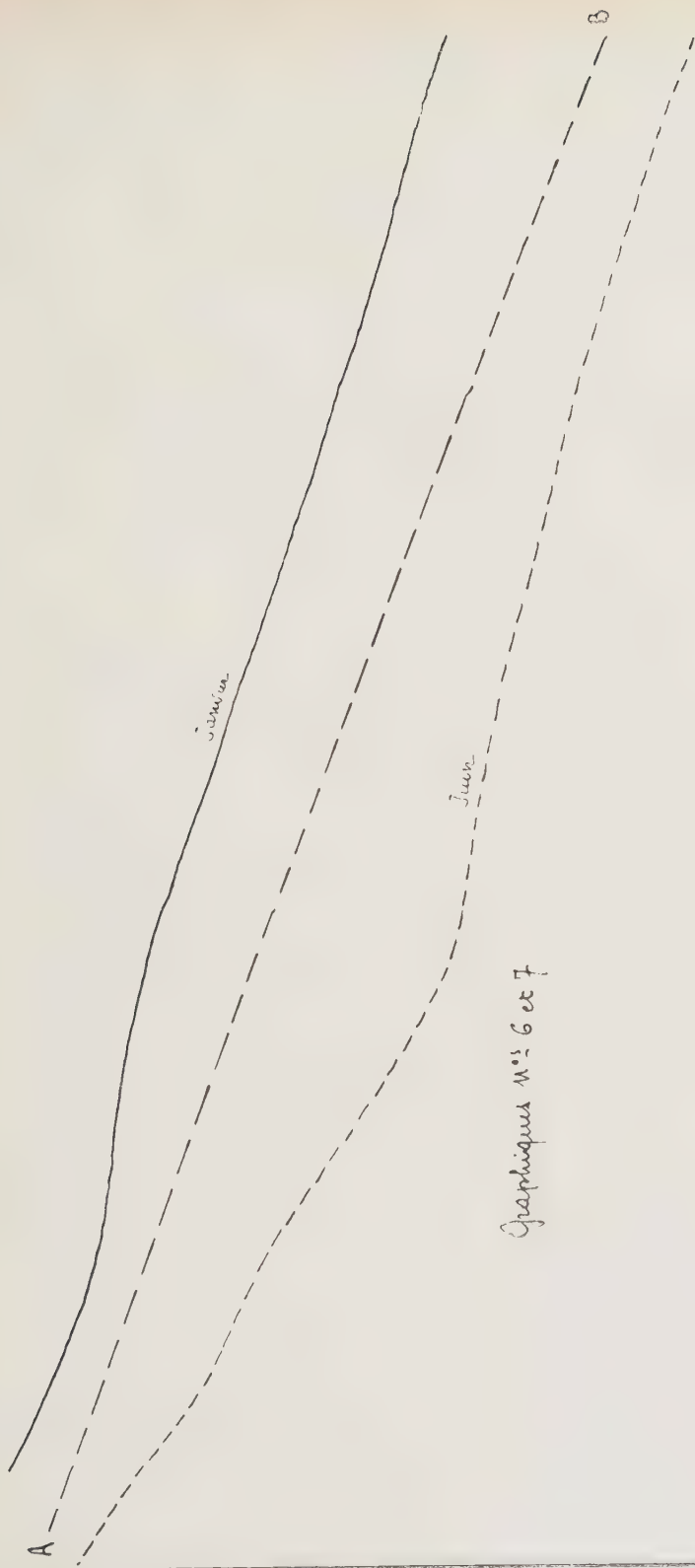


Altitudes en hectomètres





log. R.S



Longitude 23



Graphique N° 8



TABLE DES MATIÈRES

Le Climat de Djibouti.

Introduction	9
La température	13
La pression atmosphérique	21
Les mouvements de l'air	23
La visibilité horizontale	36
La nébulosité et les nuages	37
L'évaporation	38
La pluie	38
L'humidité atmosphérique	41
Classification du climat de Djibouti	44
Le climogramme de Djibouti	46
Conclusions	51

Le Climat solaire de Djibouti.

L'insolation	56
La radiation solaire	58
L'ultraviolet	68
Conclusions	76

Résumé et conclusions.

Tableaux et graphiques	79 à 94
------------------------------	---------

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

LA CLIMATOLOGIE ET L'HABITAT A DJIBOUTI

Vu et approuvé :

Paris, le 5 Juin 1939

LE DOYEN DE LA FACULTÉ
DES SCIENCES,

CH. MAURAIN.

Vu et permis d'imprimer :

LE RECTEUR DE L'ACADÉMIE
DE PARIS,

G. ROUSSY.

